۲۷۶. گزینه ۲

گام اول برای متحرک A داریم: $v_A=\frac{d}{t}$

برای متحرک B داریم: $v_B=\frac{3d}{t}$

گام دوم برای کل مسیر و هریک از متحرک‌های A و B می‌توان نوشت:

$v_A=\frac{4d}{t_A}$ ① $\qquad$ $v_B=\frac{4d}{t_B}$ ②

با جایگذاری و تقسیم طرفین معادله‌های ① و ② می‌توان نوشت:

$$\frac{v_A}{v_B}=\frac{\frac{4d}{t_A}}{\frac{4d}{t_B}}\Rightarrow\frac{\frac{d}{t}}{\frac{3d}{t}}=\frac{t_B}{t_A}\Rightarrow\frac{t_A}{t_B}=3$$

۲۷۷. گزینه ۴

گام اول جسم اول در لحظهٔ t_1 به دیوار می‌رسد و این لحظه را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta x_1=v_1t_1\Rightarrow t_1=\frac{20}{5}=4s$$

گام دوم جسم دوم، دو ثانیه پس از جسم اول حرکت کرده است، پس مدت زمان حرکت جسم دوم تا لحظه‌ای که جسم اول به دیوار می‌رسد برابر با $t_2=4-2=2s$ است و در این مدت مسافت Δx_2 را طی می‌کند. اکنون Δx_2 را حساب می‌کنیم: $\Delta x_2=v_2t_2=4\times2=8\,m$

گام سوم در این لحظه فاصلهٔ دو متحرک برابر است با: $d=20-8=12\,m$

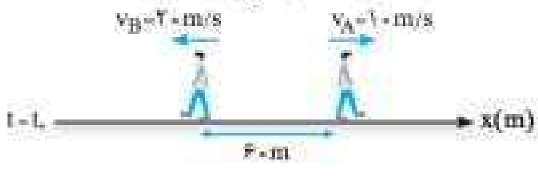
هنگامی که جسم دوم در فاصلهٔ ۱۲ متری از جسم اول است، جسم اول به دیوار برخورد می‌کند و متوقف می‌شود و از این لحظه به بعد فاصله جسم اول تا جسم دوم کم می‌شود.

۲۷۸. گزینه ۴

• **روش اول** **گام اول** دقت کنید که چون فاصلهٔ دو متحرک از یکدیگر $150\,m$ بوده و به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند (شکل ۱)، در دو لحظه فاصلهٔ آن‌ها برابر $60\,m$ می‌شود: لحظهٔ t_1 وقتی در حال نزدیک شدن به یکدیگر هستند (شکل ۲) و لحظهٔ t_2 وقتی که از کنار یکدیگر عبور کرده‌اند و در حال دور شدن از یکدیگرند (شکل ۳).

(شکل ۱)

(شکل ۲)



(شکل ۳)

گام دوم برای لحظهٔ t_1، با استفاده از مفهوم حرکت نسبی داریم:

$$\Delta x=v_{\text{نسبی}}t_1\Rightarrow 90=(20+10)t_1\Rightarrow t_1=3s$$

دقت کنید که از $t=0$ تا t_1 فاصلهٔ دو متحرک به اندازهٔ $150-60=90$ تغییر کرده است.

گام سوم برای محاسبهٔ لحظهٔ t_2، تغییر فاصلهٔ دو متحرک را برابر $150+60=210\,m$ در نظر می‌گیریم:

$$\Delta x=v_{\text{نسبی}}t_2\Rightarrow 210=30t_2\Rightarrow t_2=7s$$

دقت کنید چون متحرک‌ها در خلاف جهت یکدیگرند، اندازهٔ سرعت نسبی آنها برابر با مجموع تندی دو متحرک است.

• **روش دوم** **گام اول** در این روش، معادلهٔ مکان هر یک از متحرک‌ها را نسبت به یک مبدأ مشترک می‌نویسیم و اختلاف بردارهای مکان آن‌ها را یک بار برابر $60\,m$ و بار دیگر برابر $-60\,m$ قرار می‌دهیم:

$$x=vt+x_0\ \begin{cases}\xrightarrow[x_{0A}=0]{\text{سرعت A را در سوی مثبت}} x_A=10t\\[2mm] \xrightarrow[x_{0B}=150\,m]{\text{سرعت B را در سوی منفی}} x_B=-20t+150\end{cases}$$

گام دوم اختلاف مکان‌های x_A و x_B را به‌دست می‌آوریم:

$$x_B-x_A=-20t+150-10t\Rightarrow x_B-x_A=-30t+150$$

گام سوم x_B-x_A را یک بار برابر $+60\,m$ و بار دیگر برابر $-60\,m$ در نظر می‌گیریم:

$$+60=-30t_1+150\Rightarrow t_1=3s$$
$$-60=-30t_2+150\Rightarrow t_2=7s$$

۲۷۹. گزینه ۲ با توجه به رابطهٔ $a=\frac{\Delta v}{\Delta t}$ آهنگ تغییرات سرعت، همان شتاب حرکت است. به این دلیل که آهنگ تغییرات سرعت ثابت است، حرکت با شتاب ثابت است. با استفاده از رابطهٔ سرعت ـ زمان حرکت با شتاب ثابت $(v=at+v_0)$ داریم:

$$v=at+v_0\xrightarrow[v=\frac{18}{3.6}\,m/s]{v_0=0\,m/s,\ t=10\,s}$$

$$\frac{18}{3.6}=a\times10\Rightarrow a=0.5\,m/s^2$$

بنابراین با جایگذاری $a=0.5\,m/s^2$ در معادلهٔ $v=at+v_0$ داریم:

$$v=0.5\,t\xrightarrow{v=20\,m/s}20=0.5\,t\Rightarrow t=40\,s$$

۲۸۰. گزینه ۱

• **روش اول** **گام اول** تابع سرعت برحسب زمان از مرتبهٔ اول است، پس حرکت شتاب‌دار با شتاب ثابت است و با مقایسهٔ معادلهٔ سرعت داده شده با فرم کلی معادلهٔ سرعت ـ زمان $(v=at+v_0)$، می‌توان دریافت که $a=-3\,m/s^2$ و $v_0=12\,m/s$ است.

گام دوم دو لحظه‌ای که تندی متحرک برابر $6\,m/s$ می‌شود را به‌دست می‌آوریم. توجه کنید که در این مرحله باید سرعت را یک بار $+6\,m/s$ و بار دیگر $-6\,m/s$ در نظر بگیریم:

$$v=-3t+12\ \begin{cases}\xrightarrow{v=6\,m/s}6=-3t+12\Rightarrow t=2\,s\\[2mm] \xrightarrow{v=-6\,m/s}-6=-3t+12\Rightarrow t=6\,s\end{cases}$$

بنابراین باید مسافت طی شده را بین دو لحظهٔ $2\,s$ و $6\,s$ به‌دست آوریم.

گام سوم لحظه‌ای را که سرعت متحرک به صفر می‌رسد، حساب می‌کنیم:

$$v=0\,m/s\Rightarrow 0=-3t+12\Rightarrow t=4\,s$$

هدف از محاسبهٔ این لحظه، داشتن لحظهٔ تغییر جهت متحرک است.

گام چهارم مسافت طی شده از $t=2\,s$ تا $t=4\,s$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta x=\frac{v_1+v_2}{2}\Delta t\Rightarrow\Delta x=\frac{6+0}{2}\times(4-2)=6\,m$$

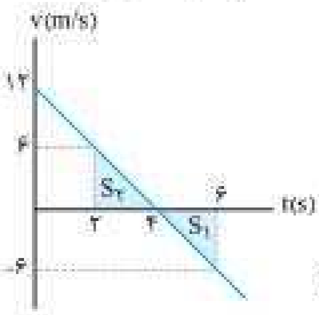
بنابراین کل مسافت طی شده از $t=2\,s$ تا $t=6\,s$ برابر است با:

$$\ell=2\times6=12\,m$$

و در نهایت تندی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$s_{av}=\frac{\ell}{\Delta t}=\frac{12}{6-2}=3\,m/s$$

• **روش دوم** **گام اول** نمودار سرعت ـ زمان را رسم می‌کنیم. سپس لحظه‌هایی را که سرعت به $+6$ و -6 متر بر ثانیه می‌رسد، مشخص می‌کنیم.



گام دوم مساحت مثلث‌های رنگی را که برابر مسافت طی‌شده توسط جسم است، به‌دست می‌آوریم:

$$d=|S_1|+|S_2|=\left|\frac{6\times2}{2}\right|+\left|\frac{-6\times2}{2}\right|=12\,m$$

گام سوم از رابطهٔ $s_{av}=\frac{\ell}{\Delta t}$، تندی متوسط را به‌دست می‌آوریم:

$$s_{av}=\frac{12}{4}=3\,m/s$$

۲۸۱. گزینه ۱

گام اول با استفاده از رابطهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت ($v=at+v_0$) داریم:

$$\left.\begin{matrix}t_1=2s\\ v_1=-4\,m/s\end{matrix}\right\}\Rightarrow v_1=at_1+v_0\Rightarrow -4=2a+v_0 \quad ①$$

$$\left.\begin{matrix}t_2=5\,s\\ v_2=2\,m/s\end{matrix}\right\}\Rightarrow v_2=at_2+v_0\Rightarrow 2=5a+v_0 \quad ②$$

گام دوم با حل دستگاه دو معادله و دو مجهول متشکل از روابط ① و ②، a و v_0 را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}-4=2a+v_0\\ 2=5a+v_0\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}a=2\,m/s^2\\ v_0=-8\,m/s\end{cases}$$

۲۸۲. گزینه ۴ همان‌گونه که از نمودار مشخص است، شتاب حرکت همواره ثابت و مثبت است؛ اما برای تشخیص نوع حرکت از نظر کندشونده و یا تندشونده بودن، نیاز به داشتن اطلاعات در مورد سرعت اولیه داریم. به‌عنوان مثال دو نمودار زیر را در نظر بگیرید. (در هر دو نمودار شیب نمودار ثابت و مثبت است؛ یعنی شتاب ثابت و مثبت است.)

(ب) (الف)

در نمودار شکل (الف)، سرعت اولیه منفی است؛ بنابراین از لحظهٔ صفر تا t به این دلیل که $v<0$ و $a>0$ است، حرکت کندشونده و پس از این لحظه، حرکت تندشونده می‌شود. در نمودار شکل (ب) سرعت اولیه مثبت است؛ بنابراین این حرکت همواره تندشونده است.

۲۸۳. گزینه ۲

گام اول از رابطهٔ $v=at+v_0$ برای هر متحرک استفاده می‌کنیم:

$$v=at+v_0\xrightarrow{v_0=0\,m/s}\begin{cases}10=at\\ 22=(a+1/5)t\end{cases}$$

گام دوم مقدار t را از حل دستگاه معادلاتی فوق به‌دست می‌آوریم:

$$a=\frac{10}{t}\Rightarrow 22=(\frac{10}{t}+1/5)t\Rightarrow t=8\,s$$

۲۸۴. گزینه ۳

گام اول از رابطهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت، ($v=at+v_0$) استفاده می‌کنیم. سرعت جسم در لحظهٔ t برابر است با: $v=at+v_0$

گام دوم رابطهٔ سرعت ـ زمان جسم پس از t ثانیهٔ دیگر، یعنی پس از 2t از مبدأ زمان را می‌نویسیم:

$$v'=a\times 2t+v_0\Rightarrow v'=2at+v_0$$

گام سوم نسبت $\frac{v'}{v}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{v'}{v}=\frac{2at+v_0}{at+v_0}\Rightarrow\frac{v'}{v}=\frac{at+at+v_0}{at+v_0}\xrightarrow{\text{تفکیک کسر}}\frac{v'}{v}=\frac{at}{at+v_0}+1$$

چون $1>\frac{at}{at+v_0}>0$ است؛ پس نسبت $2>\frac{v'}{v}>1$ خواهد بود.

۲۸۵. گزینه ۱ از رابطهٔ مدت زمان توقف ($t_s=|-\frac{v_0}{a}|$) استفاده می‌کنیم و آن را در دو حالت به کار می‌بریم:

$$t_s=|-\frac{v_0}{a}|\Rightarrow\frac{t_2}{t_1}=\frac{v_{02}}{v_{01}}\times\frac{a_1}{a_2}\xrightarrow[v_{02}=3v_{01}]{a_2=2a_1}\frac{t_2}{t_1}=3\times\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$$

۲۸۶. گزینه ۳

۱ حرکت با شتاب ثابت است ⇐ نمودار سرعت ـ زمان خطی است.

۲ اتومبیل با سرعت اولیهٔ $v_0<0$ شروع به حرکت کرده است. (در جهت منفی محور x شروع به حرکت کرده است.) (حذف گزینه‌های «۱» و «۲»)

۳ a نیز کوچک‌تر از صفر است و چون $av>0$ است، حرکت تندشونده است. (حذف گزینه‌های «۲» و «۴»)

بنابراین نمودار به‌صورت خطی شیب‌دار با شیب منفی است که از v های منفی آغاز شده و اندازهٔ سرعت با گذشت زمان زیاد می‌شود؛ پس تنها گزینهٔ «۳» درست است.

۲۸۷. گزینه ۴ می‌دانیم شیب نمودار سرعت ـ زمان بیانگر شتاب متحرک است.

گام اول شتاب هر متحرک را با محاسبهٔ شیب خط هر یک از آن‌ها حساب می‌کنیم:

$$a_A=\frac{20-0}{4}=5\,m/s^2$$

$$a_B=\frac{20-10}{4}=2/5\,m/s^2\ ,\quad a_C=\frac{20-30}{4}=-2/5\,m/s^2$$

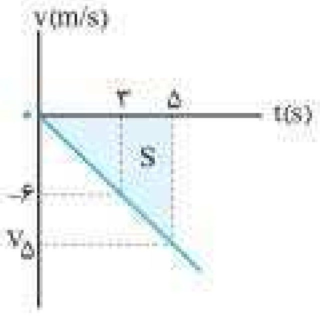
گام دوم با مقایسهٔ مقدار و جهت (علامت) شتاب‌ها می‌توان دریافت:

$$\vec{a}_A=2\vec{a}_B\ ,\ \vec{a}_A=-2\vec{a}_C$$

بنابراین فقط عبارت (الف) درست است.

۲۸۸. گزینه ۲ از نمودار $v-a$ مشخص است که شتاب همواره ثابت و مثبت است (یعنی نمودار $v-t$ باید یک خط راست با شیب ثابت و مثبت باشد) و با توجه به این‌که سرعت از $v_1=-10\,m/s$ تا $v=10\,m/s$ تغییر می‌کند؛ در نتیجه تنها گزینهٔ «۲» درست است.

۲۸۹. گزینه ۳ می‌دانیم که مساحت محصور بین نمودار $v-t$ و محور زمان در یک بازهٔ زمانی، برابر مسافت طی‌شده در آن بازهٔ زمانی است؛ بنابراین ابتدا با استفاده از تشابه مثلث‌ها، v_5 را مشخص می‌کنیم:



$$\frac{3}{5}=\frac{-6}{v_5}\Rightarrow v_5=-10\,m/s$$

حال با محاسبهٔ مساحت مثلث رنگی، مسافت طی‌شده در ۵ ثانیهٔ اول را محاسبه‌می‌کنیم:

$$\ell=S=\frac{5\times10}{2}=25\,m$$

۲۹۰. گزینه ۱ چون شتاب ثابت است، در بازهٔ زمانی t_1 تا t_2 در لحظهٔ $t=\frac{t_1+t_2}{2}$ سرعت متحرک، برابر سرعت متوسط متحرک است؛ پس لحظهٔ مورد نظر برای این سؤال برابر است با:

$$t=\frac{3+6}{2}=4/5s$$

۲۹۱. گزینه ۳ چون سرعت در ابتدا و انتهای مسیر را داریم، از رابطهٔ سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت ($v_{av}=\frac{v_1+v_2}{2}$) استفاده می‌کنیم:

$$\left.\begin{matrix}v_1=72\,km/h\xrightarrow{\div 3/6}v_1=20\,m/s\\ v_2=0\,m/s\ \text{(در انتها متوقف می‌شود)}\end{matrix}\right\}\Rightarrow v_{av}=\frac{v_1+v_2}{2}$$

$$\Rightarrow v_{av}=\frac{20+0}{2}=10\,m/s$$

۲۹۲. گزینه ۲

گام اول در حرکت با شتاب ثابت، سرعت متوسط در یک بازهٔ زمانی دلخواه، برابر میانگین سرعت لحظه‌ای در ابتدا و انتهای آن بازهٔ زمانی است. پس در ده ثانیهٔ دوم (یعنی بازهٔ زمانی 10 s تا 20 s) چون سرعت متوسط برابر 30 m/s است، می‌توان نتیجه گرفت که سرعت جسم در لحظهٔ $t'=\frac{10+20}{2}=15\,s$ نیز برابر 30 m/s است:

$$t=15s\Rightarrow v=30\,m/s$$

۷۴۳. گزینه ۴ آسانسور تندشونده به سمت پایین در حرکت است. بنابراین جهت شتاب به سمت پایین است.

نیروهای وارد بر شخص در شکل رسم شده است. چون شتاب جسم رو به پایین است، می‌توان در راستای قائم از قانون دوم نیوتون نوشت:

$$F_{net,y} = ma \Rightarrow mg - F_N = ma$$
$$\Rightarrow ۸۰۰ - F_N = ۸۰ \times ۱$$
$$\Rightarrow F_N = ۷۲۰N$$

۷۴۴. گزینه ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. دلایل نادرستی عبارت‌های (ب) و (پ) به قرار زیر است:

ب) نادرست: حتی سطوحی که بسیار هموار به‌نظر می‌آیند، ناهمواری‌های میکروسکوپی بسیاری دارند که سبب اصطکاک می‌شود.

پ) نادرست: علی‌رغم این‌که نیروی اصطکاک عمدتاً به‌عنوان نیروی اتلافی شناخته می‌شود، در زندگی روزمره لازم است، به‌طور مثال: نگه‌داشتن قلم در دست، نوشتن، راندن خودرو، قدم‌زدن، دویدن، ترمز کردن و ... بدون اصطکاک ممکن نیست. بدون اصطکاک حتی ایستادن نیز ممکن نیست؛ زیرا کمترین جابه‌جایی سبب لغزیدن و افتادن می‌شود.

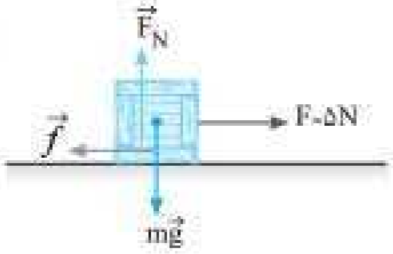
۷۴۵. گزینه ۳ علت نادرستی عبارت‌های (الف) و (پ):

الف) نادرست: نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ به‌دست می‌آید. پ) نادرست: نکتهٔ قابل توجه این است که نیروی اصطکاک جنبشی معمولاً از بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی کمتر است.

۷۴۶. گزینه ۳

بررسی همهٔ گزینه‌ها گزینهٔ «۱»: نادرست: اولاً ممکن است $f_{s,max} > ۱۰N$ باشد و جسم همچنان ساکن بماند. ثانیاً جسم اگر به حرکت درآید با توجه به این‌که $\mu_k \le \mu_s$ است، نیروی اصطکاک کاهش می‌یابد.

گزینهٔ «۲»: نادرست: ممکن است $f_{s,max} < ۱۰N$ باشد و جسم حرکت کند!

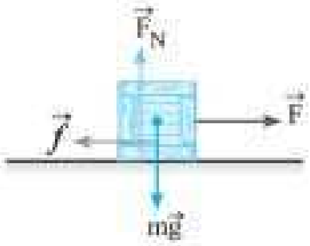


گزینهٔ «۳»: درست: با توجه به این‌که جسم به جرم 1kg به‌ازای نیروی $F = ۵N$ ساکن مانده است داریم:

$$f_{s,max} \ge ۵N \Rightarrow \mu_s F_N \ge ۵$$
$$\xrightarrow{F_N = mg} \mu_s mg \ge ۵$$
$$\Rightarrow \mu_s \times ۱ \times ۱۰ \ge ۵ \Rightarrow \mu_s \ge ۰/۵$$

گزینهٔ «۴»: نادرست: اگر جسم حرکت کند بخش دوم عبارت درست است، اما از کجا می‌دانید که مقدار $f_{s,max}$ چقدر است؟ پس نمی‌توان در مورد این‌که جسم حرکت می‌کند یا ساکن می‌ماند استدلالی کرد.

۷۴۷. گزینه ۴



بررسی همهٔ عبارت‌ها الف) درست: با توجه به این‌که در مرحلهٔ ۳ جسم در آستانهٔ حرکت است، پس اصطکاک ایستایی بیشینه است و داریم:

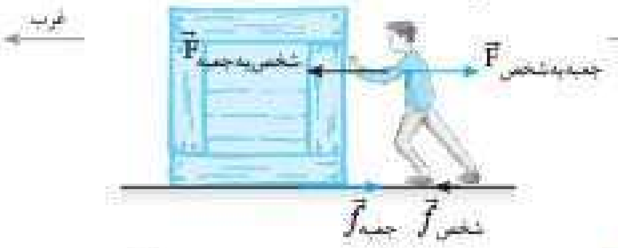
$$f = f_{s,max} = F = ۴N \xrightarrow[F_N = mg]{f_{s,max} = \mu_s F_N} \mu_s mg = ۴$$
$$\Rightarrow \mu_s \times ۲ \times ۱۰ = ۴ \Rightarrow \mu_s = \frac{۴}{۲۰} = ۰/۲$$

ب) درست: با توجه به این‌که در مرحلهٔ ۴، جسم با اعمال نیروی $F = ۲N$ در حال حرکت با سرعت ثابت بوده، پس برایند نیروهای وارد بر آن در راستای افقی صفر و $F = f_k$ بوده است، و با اعمال نیروی $F > ۲N$ جسم شتاب خواهد گرفت، چون $F > f_k$ خواهد شد. پ) درست: می‌دانیم تا موقعی که جسم ساکن است، نیروی اصطکاک ایستایی سطح برابر نیروی محرک است.

ت) درست: با توجه به این‌که در مرحلهٔ ۴، جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، نیروهای وارد بر آن در راستای افقی متوازن‌اند و داریم:

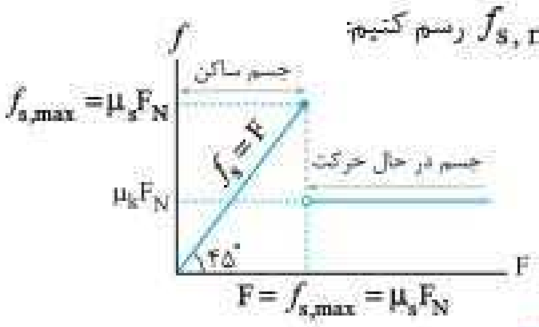
$$F = f_k = \mu_k F_N = ۲ \xrightarrow{F_N = mg} \mu_k mg = ۲ \Rightarrow \mu_k \times ۲ \times ۱۰ = ۲$$
$$\Rightarrow \mu_k = ۰/۱$$

۷۴۸. گزینه ۱ مطابق شکل، وضعیت نیروهای وارد بر جعبه و شخص را مشاهده می‌کنید. چون جعبه به سمت غرب می‌خواهد حرکت کند، نیروی اصطکاک وارد بر آن، خلاف جهت و به سمت شرق است. طبق قانون سوم نیوتون، نیرویی که جعبه به شخص وارد می‌کند در خلاف جهت نیروی شخص و به سمت شرق است. بنابراین برای این‌که شخص سُر نخورد، نیروی اصطکاک وارد بر شخص در خلاف جهت این نیرو و به سمت غرب است.



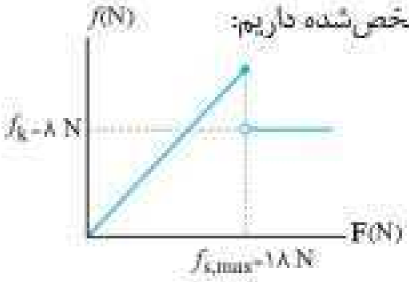
۷۴۹. گزینه ۲ با افزایش نیروی F تا رسیدن جسم به آستانهٔ حرکت، نیروی اصطکاک نیز با شیب ۱ افزایش می‌یابد. در آستانهٔ حرکت نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه است، داریم: $f_{s,max} = \mu_s F_N$

حال اگر نیروی F را باز هم افزایش دهیم به یک‌باره جسم به حرکت درمی‌آید و نیروی اصطکاک به جنبشی تبدیل می‌شود که مقدار آن برابر $\mu_k F_N$ است. باید به این نکته توجه کنیم که $\mu_k \le \mu_s$ است و در نتیجه می‌بایست f_k را پایین‌تر از $f_{s,max}$ رسم کنیم:



۷۵۰. گزینه ۲

گام اول با توجه به نمودار و مقادیر مشخص‌شده داریم:

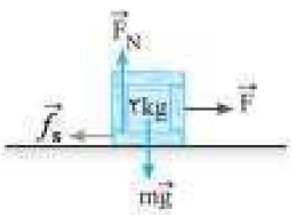


$$f_k = \mu_k F_N$$
$$\xrightarrow{f_k = ۸N} ۸ = \mu_k F_N \quad (۱)$$
$$f_{s,max} = \mu_s F_N$$
$$\xrightarrow{f_{s,max} = ۱۸N} ۱۸ = \mu_s F_N \quad (۲)$$

گام دوم با تقسیم طرفین معادلهٔ ۱ بر ۲ داریم:

$$\frac{۸}{۱۸} = \frac{\mu_k \cancel{F_N}}{\mu_s \cancel{F_N}} \Rightarrow \frac{\mu_k}{\mu_s} = \frac{۴}{۹}$$

۷۵۱. گزینه ۴



گام اول جسم ساکن است، بنابراین نیروهای وارد بر آن در راستای افقی و قائم متوازن‌اند:

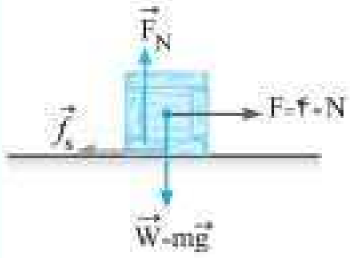
$$\begin{cases} F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F = f_s \\ F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = mg \end{cases}$$

گام دوم با توجه به این‌که $۰ < f_s \le f_{s,max}$ است می‌توان نوشت:

$$۰ < F \le f_{s,max} \xrightarrow[F_N = mg]{f_{s,max} = \mu_s F_N} ۰ < F \le \mu_s mg$$
$$\Rightarrow ۰ < F \le ۰/۳ \times ۲ \times ۱۰ \Rightarrow ۰ < F \le ۶$$

بنابراین اگر نیروی F، کوچک‌تر مساوی ۶N باشد، نیروی اصطکاک ایستایی برابر F و جسم ساکن خواهد ماند.

۷۵۲. گزینه ۴



گام اول نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم.

گام دوم با توجه به این‌که جسم ساکن مانده است، نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند و داریم:

$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F - f_s = ۰ \Rightarrow f_s = F = ۴۰N$$

تذکر: خودمان می‌توانستیم بررسی کنیم که آیا جسم ساکن می‌ماند یا خیر: برای این کار $f_{s,max}$ را محاسبه می‌کنیم: $f_{s,max} = \mu_s F_N$

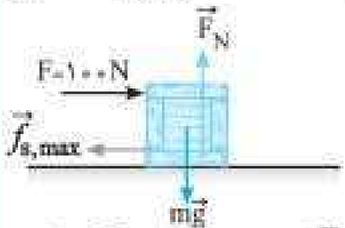
$$\xrightarrow{F_N = mg = W} f_{s,max} = \mu_s W = ۰/۳ \times ۲۰۰ = ۶۰N$$

بنابراین با توجه به این‌که $F < f_{s,max}$ است جسم ساکن می‌ماند.

۷۵۳. گزینه ۴

گام اول در حالت اول شخص بر جسم نیروی ۸۰ نیوتونی وارد می‌کند، اما جسم ساکن می‌ماند. در نتیجه نیروی اصطکاک وارد بر جعبه، ایستایی و برابر نیروی وارد‌شده بر جعبه است.

$$\text{ساکن}: F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F - f_s = ۰ \Rightarrow f_s = F = ۸۰N$$



گام دوم در حالت دوم با اعمال نیروی $۱۰۰N$، جسم در آستانهٔ حرکت قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که در این حالت نیروی اصطکاک از نوع ایستایی و بیشینه است، داریم:

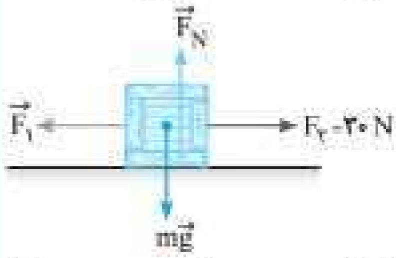
$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow f_{s,max} = F = ۱۰۰N$ جسم همچنان ساکن است.

گام سوم با استفاده از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ داریم:

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N = mg} f_{s,max} = \mu_s mg$$

$$\Rightarrow ۱۰۰ = \mu_s \times ۵۰ \times ۱۰ \Rightarrow \mu_s = ۰/۲$$

۷۵۴. گزینه ۴



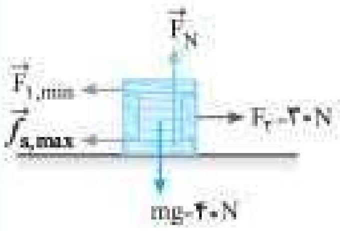
گام اول ابتدا نیروی عمودی سطح و نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه را محاسبه می‌کنیم: (جسم در راستای قائم ساکن است، پس نیروهای وارد بر آن متوازن‌اند.)

$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = mg = ۴ \times ۱۰ = ۴۰N$$

$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow[F_N = ۴۰N]{\mu_s = ۰/۴} f_{s,max} = ۴۰ \times ۰/۴ = ۱۶N$$

گام دوم دو حالت زیر را بررسی می‌کنیم:

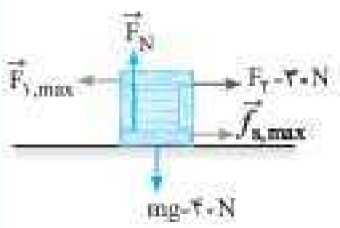
۱ جسم در آستانهٔ حرکت به سمت راست باشد: در این حالت مطابق شکل $f_{s,max}$ به سمت چپ است و با اعمال شرط نلغزیدن جسم، کمینهٔ $F_۱$ به‌دست می‌آید:



$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F_۲ = F_۱ + f_{s,max}$$

$$\xrightarrow[f_{s,max} = ۱۶N]{F_۲ = ۳۰N} ۳۰ = F_۱ + ۱۶$$

$$\Rightarrow F_{۱,min} = ۱۴N$$

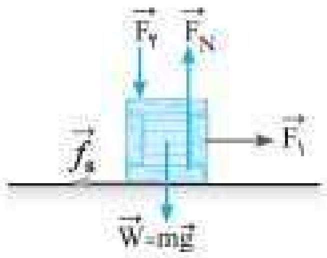


۲ جسم در آستانهٔ حرکت به سمت چپ باشد: در این حالت نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه به سمت راست بر جسم وارد می‌شود و با نوشتن شرط توازن نیروها در راستای افق، $F_{۱,max}$ به‌دست خواهد آمد.

$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F_{۱,max} = F_۲ + f_{s,max} = ۳۰ + ۱۶ = ۴۶N$$

بنابراین F می‌تواند بین $۱۴N$ تا $۴۶N$ باشد و هر سه گزینه درست است.

۷۵۵. گزینه ۴



بررسی همهٔ گزینه‌ها گزینهٔ «۱»: درست: با توجه به شکل و این‌که جسم در راستای قائم ساکن است، داریم: $F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = F_۲ + W$

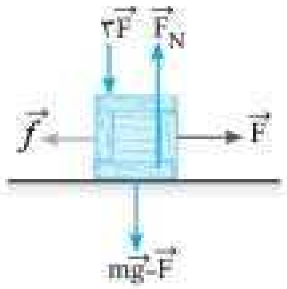
$$\Rightarrow \uparrow F_۲ : \uparrow F_N$$

گزینهٔ «۲»: درست: با توجه به این‌که با اعمال نیروی $F_۲$، جعبه همواره ساکن است، در راستای افقی داریم: $F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F_۱ - f_s = ۰ \Rightarrow F_۱ = f_s$

با توجه به این‌که نیروی $F_۱$ ثابت است، اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی تغییر نمی‌کند.

گزینهٔ «۳»: درست: با توجه به رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ و این‌که در مورد گزینهٔ «۱» ثابت کردیم که F_N افزایش می‌یابد، بنابراین $f_{s,max}$ نیز افزایش خواهد یافت. گزینهٔ «۴»: نادرست: با توجه به اینکه حتی با اعمال $F_۲$ و افزایش آن باز هم جعبه ساکن است، برایند نیروهای وارد بر جسم (نیروی خالص) صفر است. بنابراین F_{net} تغییری نمی‌کند. $F_{net} = ۰ \Rightarrow$ ثابت است F_{net}

۷۵۶. گزینه ۳



گام اول ابتدا باید بررسی کنیم که جعبه شروع به حرکت می‌کند یا خیر؛ بنابراین مقدار $f_{s,max}$ را محاسبه می‌کنیم و با نیروی پیشران F مقایسه می‌کنیم:

$$\text{راستای قائم}: F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N - ۳F - F = ۰$$

$$\Rightarrow F_N = ۴F \quad (*)$$

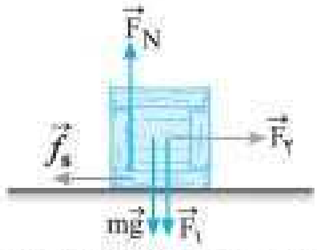
$$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{(*)} f_{s,max} = ۴\mu_s F$$

$$\xrightarrow{\mu_s = ۰/۴} f_{s,max} = ۴ \times ۰/۴ \times F = ۱/۶F$$

گام دوم با توجه به این‌که در راستای افق $F < f_{s,max}$ است، جسم ساکن می‌ماند و می‌دانیم که در چنین شرایطی نیروی اصطکاک ایستایی برابر نیروی پیشران است:

$$f = f_s = F \Rightarrow \frac{f}{F} = ۱$$

۷۵۷. گزینه ۳



گام اول در ابتدا نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم:

گام دوم چون جسم ساکن است، بنا به قانون اول نیوتون، نیروهای وارد بر جسم باید متوازن باشند، بنابراین در هر یک از راستاهای موازی سطح و عمود بر سطح، برایند نیروهای وارد بر جسم را برابر صفر قرار می‌دهیم.

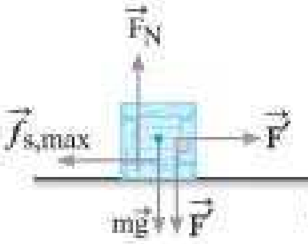
$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F_۲ - f_s = ۰ \Rightarrow F_۲ = f_s \quad (*)$$

$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N - F_۱ - mg = ۰ \Rightarrow F_N = mg + F_۱$$

گام سوم با توجه به معادلهٔ $(*)$، $f_s = F_۲$ است و اندازهٔ نیروی اصطکاک تغییر نمی‌کند. در مورد اندازهٔ نیروی عمودی سطح با توجه به رابطهٔ $F_N = mg + F_۱$ با دو برابر شدن $F_۱$، F_N افزایش می‌یابد اما این افزایش کمتر از ۲ برابر است!

تذکر: با توجه به رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ و با توجه به این‌که F_N افزایش یافته است، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه نیز افزایش می‌یابد.

۷۵۸. گزینه ۲



$\mu_s = \frac{۱}{۲}$

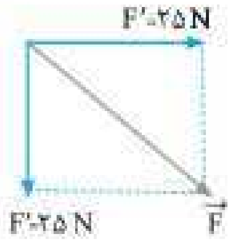
گام اول نیروهایی که به جسم اثر می‌کنند، مطابق شکل هستند. جسم در آستانهٔ حرکت در راستای افقی است: بنابراین ابتدا F_N را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow F_N = mg + F' \xrightarrow[g=10\,m/s^2]{m=5kg} F_N = 50 + F'$$

حال در راستای افقی شرط توازن نیروها را می‌نویسیم:

$$F_{net,x}=0 \Rightarrow F' = f_{s,max} = \mu_s F_N$$

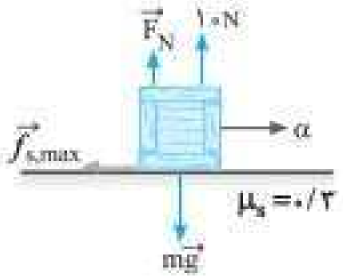
$$\xrightarrow[F_N=50+F']{\mu_s=\frac{1}{3}} F' = \frac{1}{3}(50+F') \Rightarrow F' = 25N$$



گام دوم برایند دو نیروی عمود بر هم F' را محاسبه می‌کنیم:

$$F=\sqrt{2}F' = 25\sqrt{2}N$$

۷۵۹. (گزینه ۱)



گام اول نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. با توجه به توازن نیروها در راستای قائم، F_N را محاسبه می‌کنیم:

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow F_N + 10 = mg$$

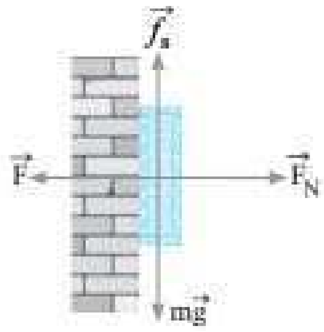
$$\Rightarrow F_N = 2\times10-10=10N$$

گام دوم شرط این‌که جسم ساکن بماند این است که $f_{s,max} \ge \alpha$ باشد. در این حالت می‌توان نوشت:

$$\alpha \le f_{s,max} \xrightarrow[\mu_s=0/3,\ F_N=10N]{f_{s,max}=\mu_s F_N} \alpha \le 0/3\times10 \Rightarrow \alpha \le 3$$

تنها گزینهٔ «۱» این شرط را دارد.

۷۶۰. (گزینه ۳)



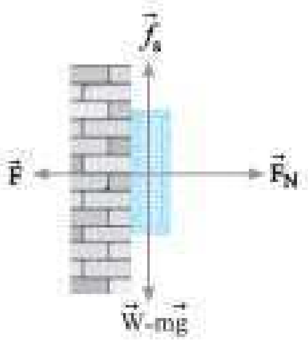
گام اول در شکل مقابل نیروهای وارد بر جسم را نشان داده‌ایم. چون جسم ساکن است، بنابر قانون اول نیوتون، برایند نیروهای وارد بر جسم در راستای موازی سطح و راستای عمود بر آن باید برابر صفر باشد.

$$F_{net,x}=0 \Rightarrow F_N = F$$

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow f_s = mg$$

گام دوم ملاحظه می‌شود که نیروی اصطکاک ایستایی برابر $m\vec g$ است و به نیروی F بستگی ندارد؛ پس نیروی اصطکاک ثابت است اما اندازهٔ نیروی عمودی سطح (F_N) که برابر F است، با افزایش F، افزایش می‌یابد.

۷۶۱. (گزینه ۳)



گام اول در شکل مقابل نیروهای وارد بر جسم را نشان داده‌ایم. جسم ساکن است و نیروی اصطکاک ایستایی f_s به طرف بالا بر جسم وارد می‌شود تا با حرکت آن به طرف پایین مخالفت کند.

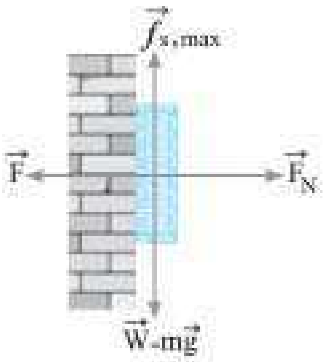
گام دوم چون جسم ساکن است، طبق قانون اول نیوتون برایند نیروهای وارد بر جسم در راستاهای موازی سطح و عمود بر آن برابر صفر است.

$$F_{net,x}=0 \Rightarrow F_N = F$$

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow f_s = mg = 0/2\times10 = 2N$$

تذکر: با توجه به رابطهٔ $f_{s,max}=\mu_s F_N$ و این‌که $F_N=F$ است، برای به‌دست آوردن اندازهٔ نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه می‌بایست از اندازهٔ F اطلاع داشته باشیم.

۷۶۲. (گزینه ۴) نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم:



گام اول در راستای عمود بر سطح دیوار دو نیروی F و F_N بر جسم اثر می‌کنند و چون جسم در این راستا ساکن است، برایند نیروهای وارد بر جسم صفر است:

$$F_{net,x}=0 \Rightarrow F_N = F$$

بنابراین هر قدر F بیشتر باشد، F_N هم بیشتر است.

گام دوم چون حداقل نیروی F را می‌خواهیم، حالتی را در نظر می‌گیریم که جسم در آستانهٔ لغزش باشد. پس نیروی اصطکاک بیشینه و برابر $f_{s,max}=\mu_s F_N$ است و می‌توان نوشت:

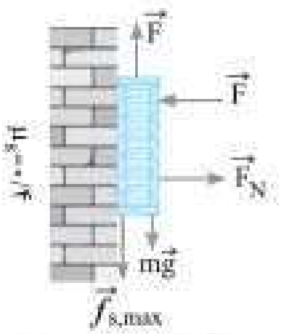
$$f_{s,max}=\mu_s F_N \xrightarrow{F_N=F} f_{s,max}=\mu_s F \quad \circledast$$

گام سوم از طرفی در راستای قائم، برایند نیروهای وارد بر جسم صفر است و داریم:

$$f_{s,max}-mg=0 \Rightarrow f_{s,max}=mg \xrightarrow{\circledast} \mu_s F = mg$$

$$\Rightarrow 0/4\times F = 2\times10 \Rightarrow F = 50N$$

۷۶۳. (گزینه ۳)



گام اول اگر جسم در آستانهٔ لغزش به طرف بالا باشد، نیروی اصطکاک ایستایی بیشینه مطابق شکل بر جسم به طرف پایین وارد می‌شود.

گام دوم با توجه به نیروهای دیگری که بر جسم وارد می‌شوند و جسم ساکن است، برایند نیروهای وارد بر جسم در راستای موازی سطح و در راستای عمود بر سطح، باید برابر صفر باشد و می‌توان نوشت:

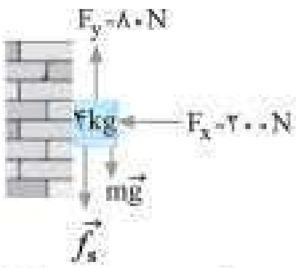
$$F_{net,x}=0 \Rightarrow F_N = F$$

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow F = f_{s,max} + mg$$

$$\xrightarrow[F_N=F]{f_{s,max}=\mu_s F_N} F = \mu_s F + mg \xrightarrow[m=6kg,\ g=10N/kg]{\mu_s=0/4}$$

$$F = 0/4F + 6\times10 \Rightarrow 0/6F = 60 \Rightarrow F = 100N$$

۷۶۴. (گزینه ۴)



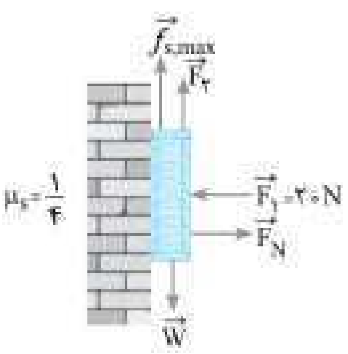
نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم. با توجه به این‌که جسم ساکن مانده است، در راستای قائم وضعیت نیروها را بررسی می‌کنیم. (f_s را به سمت پایین فرض کرده و جهت مثبت را نیز به همین سمت در نظر می‌گیریم)

$$F_{net,y}=0 \Rightarrow f_s + mg = F_y \Rightarrow f_s = 80 - 4\times10 = 40N$$

بنابراین $f_s = 40N$ و به سمت پایین است.

تذکر: (۱) در صورت سؤال به سکون جسم مستقیماً اشاره شده است، پس نیازی به محاسبهٔ $f_{s,max}$ نیست. (۲) اگر مقدار f_s منفی به‌دست می‌آمد، جهت f_s را برعکس در نظر می‌گرفتیم.

۷۶۵. (گزینه ۲)



گام اول دو حالت را بررسی می‌کنیم:

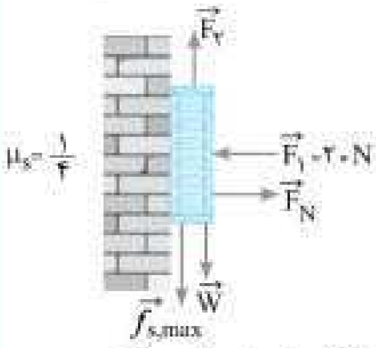
(۱) جسم در آستانهٔ حرکت به سمت پایین باشد: در این حالت حداقل مقدار F_2 به‌دست خواهد آمد: $F_N = F_1 = 20N$

$F_{net,y}=0$ (توازن نیروها در راستای قائم)

$\Rightarrow F_2 + f_{s,max} = W$

$\Rightarrow F_2 = W - f_{s,max}$

$\xrightarrow[\mu_s=\frac{1}{4},\ F_N=20N]{f_{s,max}=\mu_s F_N} F_{2,min} = W - \frac{1}{4}\times 20 = W - 5$ ①



② جسم در آستانهٔ حرکت به سمت بالا باشد. در این حالت حداکثر مقدار F_2 به دست خواهد آمد.

$F_{net,y} = 0$

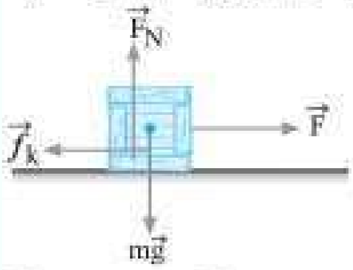
$\Rightarrow F_{2,max} = f_{s,max} + W$

$= W + 5$ ②

گام دوم در نهایت $\Delta F_2 = F_{2,max} - F_{2,min}$ را محاسبه می‌کنیم:

$\xrightarrow{①,②} \Delta F_2 = F_{2,max} - F_{2,min} = W + 5 - (W - 5) = 10N$

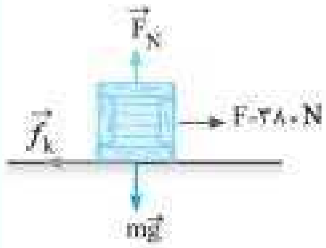
۷۶۶. (گزینه ۴) نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم. چون جسم با سرعت ثابت حرکت می‌کند، برایند نیروهای وارد بر جسم صفر است. بنابراین برای راستای حرکت و راستای عمود بر حرکت می‌توانیم از قانون اول نیوتون استفاده کنیم: (دقت کنید که چون جسم در حال حرکت است، نیروی اصطکاک جنبشی است)



$F_{net,y} = 0 \Rightarrow F_N = mg = 4\times 10 = 40N$ ✽

$F_{net,x} = 0 \Rightarrow F = f_k \xrightarrow[✽]{f_k=\mu_k F_N} F = 0/15\times 40 = 6N$

۷۶۷. (گزینه ۲)



گام اول چون جسم در حال حرکت است، اصطکاک از نوع جنبشی بوده و با استفاده از رابطهٔ $f_k = \mu_k F_N$ داریم:

$f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{F_N=mg} f_k = \mu_k mg$

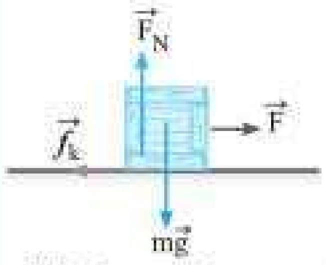
$= 0/4\times 60\times 10 = 240N$

گام دوم با توجه به این‌که جسم در راستای افقی در حرکت است، با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{f_k=240N} 380 - 240 = 60a$

$\Rightarrow a = \frac{140}{60} = \frac{7}{3} m/s^2$

۷۶۸. (گزینه ۳)



گام اول جسم در حرکت است و با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma$

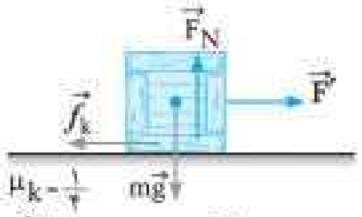
$\Rightarrow a = \frac{F - f_k}{m}$

با توجه به رابطهٔ $f_k = \mu_k F_N$، نیروی اصطکاک جنبشی با ضریب اصطکاک جنبشی نسبت مستقیم دارد و با کاهش μ_k مقدار f_k نیز کاهش می‌یابد. بنابراین نیروی اصطکاک جنبشی (نیروی مقاوم) کاهش یافته و طبق رابطهٔ $a = \frac{F - f_k}{m}$، شتاب حرکت افزایش می‌یابد.

گام دوم شیب نمودار سرعت-زمان نشان‌دهندهٔ شتاب جسم است، پس باید گزینه‌ای را انتخاب کنیم که شیب نمودار در مرحلهٔ دوم حرکت، بیشتر از مرحلهٔ اول حرکت باشد.

۷۶۹. (گزینه ۴) مطابق شکل، با اعمال نیروی $40N$، جسم در جهت نیرو حرکت می‌کند. باید توجه کنیم که سرعت جسم زمانی کاهش می‌یابد که نیروی اصطکاک (f_k) وارد بر جسم، از نیروی F بیشتر باشد که در این حالت نیروی اصطکاک باعث کندشدن حرکت خواهد شد (نیروی خالص در این حالت در خلاف جهت حرکت جسم می‌شود). بنابراین برای این‌که سرعت متحرک کاهش نیابد، باید نیروی F حداقل برابر نیروی اصطکاک وارد بر جسم باشد. (دقت کنید که طبق قانون اول نیوتون، اگر نیروهای وارد بر جسم در راستای حرکت متوازن باشند، جسم با سرعت ثابت به حرکت خود ادامه می‌دهد)

گام اول نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و معادلات زیر را می‌نویسیم:

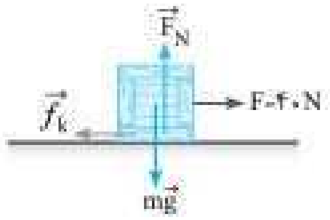


$$\begin{cases} F_{net,y} = 0 \Rightarrow F_N = mg \quad ✽ \\ F_{net,x} = 0 \Rightarrow F' = f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{✽} F' = \frac{1}{4}\times 4\times 10 = 10N \end{cases}$$

گام دوم نیروی $F = 40N$ و نیروی $F' = 10N$ است. بنابراین مقدار تغییر نیرو برابر است با: $\Delta F = F' - F = 10 - 40 = -30N$

بنابراین اگر F به اندازهٔ $30N$ کاهش یابد، سرعت حرکت جسم ثابت خواهد ماند.

۷۷۰. (گزینه ۴)



گام اول نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و شرط توازن نیروها در راستای قائم را می‌نویسیم: (جسم در راستای عمود بر سطح ساکن است.)

$F_{net,y} = 0$

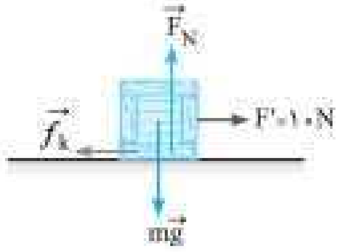
$\Rightarrow F_N = mg = 2\times 10 = 20N$ ✽

گام دوم اگرچه از گزینه‌ها می‌توان فهمید که جسم در حرکت است؛ اما بیایید یک‌بار نحوهٔ تشخیص این‌که جسم تحت‌تأثیر یک نیرو حرکت می‌کند یا خیر را با هم مرور کنیم: ① ابتدا مقدار $f_{s,max}$ را می‌یابیم:

$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow[\mu_s=0/6]{✽} f_{s,max} = 0/6\times 20 = 12N$

② چون $F > f_{s,max}$ است، بنابراین جسم با شتاب a حرکت خواهد کرد.

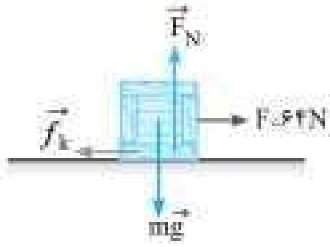
گام سوم با کاهش ۳۰ نیوتونی F داریم:



$f_k = \mu_k F_N = 0/5\times 20 = 10N$

بنابراین چون $F' = f_k$ است، نیروها در راستای افقی متوازن شده و طبق قانون اول نیوتون جسم با سرعت ثابت به حرکتش ادامه خواهد داد.

۷۷۱. (گزینه ۳)



گام اول نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و سپس F_N را محاسبه می‌کنیم:

$F_{net,y} = 0$

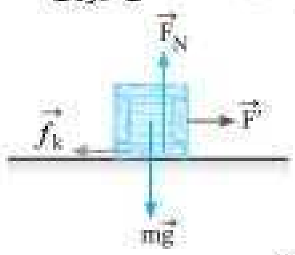
$\Rightarrow F_N = mg = 12\times 10 = 120N$

با توجه به این‌که جسم در حال حرکت روی سطح افقی است، نیروی اصطکاک از نوع جنبشی است و با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow[F_N=120N,\ \mu_k=\frac{1}{3}]{f_k=\mu_k F_N} 64 - \frac{1}{3}\times 120$

$= 12a \Rightarrow a = 2m/s^2$

گام دوم با توجه به خواستهٔ سؤال $a' = \frac{1}{2}a = 1m/s^2$ است. حال نیروی F' را به‌ازای این شتاب به‌دست می‌آوریم:



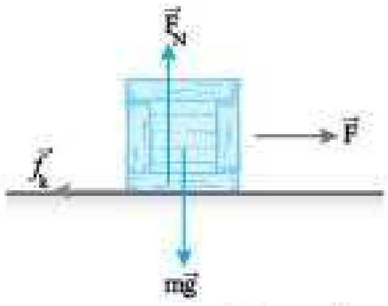
$F_{net,x} = ma \Rightarrow F' - f_k = ma$

$\Rightarrow F' - \frac{1}{3}\times 120 = 12\times 1 \Rightarrow F' = 52N$

گام سوم در نهایت تغییرات F را محاسبه می‌کنیم:

$\Delta F = F' - F = 52 - 64 = -12N$

۷۷۲. گزینه ۱



گام اول نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و اندازهٔ نیروی اصطکاک را محاسبه می‌کنیم:

$F_N = mg = ۱۶۰۰N$

$f_k = \mu_k F_N = ۰/۲ \times ۱۶۰۰ = ۳۲۰N$

گام دوم در حالت اول مقدار نیروی F را محاسبه می‌کنیم:

• حالت اول: $F_{net} = ma \Rightarrow F - f_k = m_۱ a_۱$

$\Rightarrow F - ۳۲۰ = ۱۶۰ \times ۰/۲۵ \Rightarrow F = ۳۶۰N$

گام سوم در حالت دوم مقدار جرم $m_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$a_۲ = ۲a_۱ = ۰/۵ \frac{m}{s^۲}$

: حالت دوم $F'_{net} = m_۲ a_۲ \Rightarrow F - f_{۲k} = m_۲ a_۲$

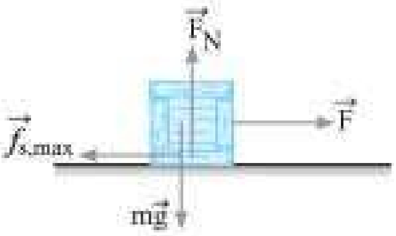
$\Rightarrow ۳۶۰ - ۲m_۲ = ۰/۵m_۲ \Rightarrow ۲/۵m_۲ = ۳۶۰ \Rightarrow m_۲ = ۱۴۴kg$

$\Delta m = m_۲ - m_۱ = ۱۴۴ - ۱۶۰ = -۱۶kg$

علامت منفی یعنی جرم کاهش یافته است.

۷۷۳. گزینه ۴

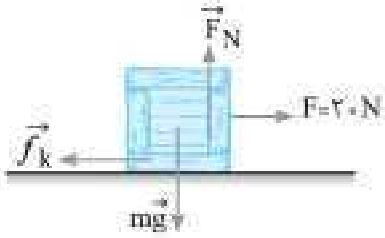
گام اول هنگامی که جسم در آستانهٔ حرکت و $F = ۲۰N$ است، نیروی اصطکاک ایستایی به بیشترین مقدار خود می‌رسد و از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$ می‌توانیم μ_s را به‌دست آوریم. با توجه به شکل و توازن نیروها در راستای افقی و قائم می‌توان نوشت:



$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = mg = ۵۰N$

$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F = f_{s,max} \Rightarrow F = \mu_s F_N \Rightarrow ۲۰ = \mu_s \times ۵۰ \Rightarrow \mu_s = ۰/۴$

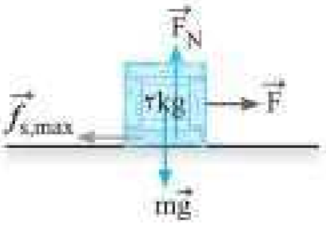
گام دوم هنگامی که جسم به حرکت در می‌آید، نیروی اصطکاک از نوع جنبشی است و در این حالت نیز بنابر قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:



$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma$

$\xrightarrow[f_k=\mu_k F_N]{F=۲۰N,\ a=۲m/s^۲} ۲۰ - \mu_k \times ۵۰ = ۵ \times ۲ \Rightarrow \mu_k = ۰/۲$

۷۷۴. گزینه ۳

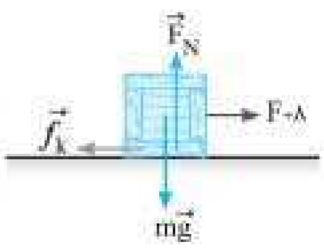


گام اول ابتدا جسم با اعمال نیروی F در آستانهٔ حرکت بوده است: یعنی $F = f_{s,max}$ است: (جسم همچنان ساکن است. پس نیروها در راستای افقی متوازن‌اند)

$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F = f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N=mg} F = \mu_s mg$

$F = ۲ \times ۱۰ \times \mu_s = ۲۰\mu_s$ ✱

گام دوم در مرحلهٔ دوم با اعمال نیروی $F + ۸$، جسم حرکت می‌کند و اصطکاک جنبشی می‌شود. طبق قانون دوم نیوتون داریم:



$F_{net,x} = ma \Rightarrow (F+۸) - f_k = ma$

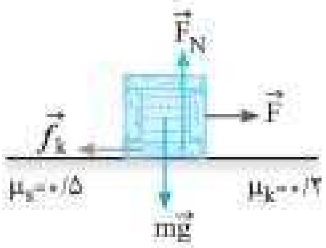
$\xrightarrow[F_N=mg]{f_k=\mu_k F_N}$

$(F+۸) - \mu_k mg = ma \xrightarrow[✱]{F=۲۰\mu_s} ۲۰\mu_s + ۸ - ۲۰\mu_k = ۲a$

$\Rightarrow ۲۰(\mu_s - \mu_k) + ۸ = ۲a \Rightarrow ۲۰(\mu_s - \mu_k) + ۸ = ۲a$

$\xrightarrow{\mu_s - \mu_k = ۰/۴} ۲۰(۰/۴) + ۸ = ۲a \Rightarrow a = ۸m/s^۲$

۷۷۵. گزینه ۳



گام اول برای به‌دست آوردن نیروی F که قادر به حرکت در آوردن جعبه باشد، باید F برابر $f_{s,max}$ یعنی اصطکاک ایستایی بیشینه باشد که در این حالت جسم در آستانهٔ لغزش است:

$F = f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N=mg} F = f_{s,max} = \mu_s mg$

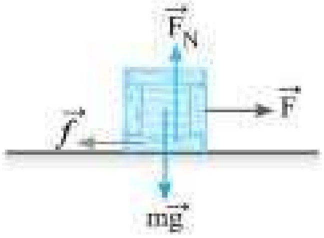
$= ۰/۵ \times ۸ \times ۱۰ = ۴۰N$

گام دوم حال یک لحظه پس از این را در نظر می‌گیریم که جعبه به حرکت درآمده و نیروی اصطکاک از نوع جنبشی است. با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow{f_k=\mu_k mg} F - \mu_k mg = ma$

$\Rightarrow ۴۰ - ۰/۲ \times ۸ \times ۱۰ = ۸a \Rightarrow ۴۰ - ۱۶ = ۸a \Rightarrow a = ۳m/s^۲$

۷۷۶. گزینه ۴



گام اول ابتدا نیروی F را حساب می‌کنیم. چون جسم با نیروی F شروع به حرکت می‌کند، بیشینهٔ نیروی اصطکاک ایستایی برابر F است و با استفاده از رابطهٔ $f_{s,max} = \mu_s F_N$، داریم:

$F = f_{s,max} \Rightarrow F = \mu_s F_N$

$\xrightarrow{F_N=mg} F = ۰/۴ \times ۱۰ \times ۱۰ = ۴۰N$

گام دوم اکنون با استفاده از رابطهٔ جابه‌جایی ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت، مقدار شتاب حرکت را حساب می‌کنیم:

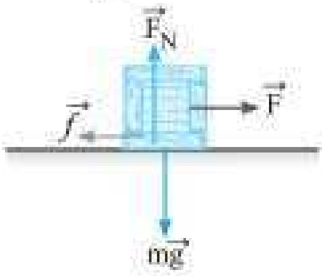
$\Delta x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰ t \Rightarrow ۱۲/۵ = \frac{۱}{۲} \times a \times ۵^۲ \Rightarrow a = ۱m/s^۲$

گام سوم حالا از قانون دوم نیوتون استفاده می‌کنیم و ضریب اصطکاک جنبشی را حساب می‌کنیم:

$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow[F_N=mg]{f_k=\mu_k F_N}$

$۴۰ - \mu_k \times ۱۰ \times ۱۰ = ۱۰ \times ۱ \Rightarrow \mu_k = ۰/۳$

۷۷۷. گزینه ۳



گام اول ابتدا باید تشخیص دهیم در زمان‌های داده‌شده جسم ساکن است یا حرکت می‌کند؛ بنابراین $f_{s,max}$ را محاسبه می‌کنیم:

$f_{s,max} = \mu_s F_N \xrightarrow{F_N=mg}$

$f_{s,max} = \mu_s mg = ۰/۴ \times ۴ \times ۱۰ = ۱۶N$

گام دوم با توجه به نمودار داده‌شده، معادلهٔ نیرو ـ زمان را به‌دست می‌آوریم:

$\text{شیب نمودار} = \frac{۲-۰}{۵-۰} = ۰/۴ \xrightarrow[F-t]{\text{معادله}} F = ۰/۴t \begin{cases} t = ۱۰s \Rightarrow F = ۴N \\ t = ۵۰s \Rightarrow F = ۲۰N \end{cases}$

گام سوم با توجه به اطلاعات به‌دست آمده داریم:

۱ در لحظهٔ $t = ۱۰s$: $F = ۴N$

$F < f_{s,max} \xrightarrow{\text{جسم ساکن است}} f_{۱۰s} = f_s = ۴N$

۲ در لحظهٔ $t = ۵۰s$: $F = ۲۰N$

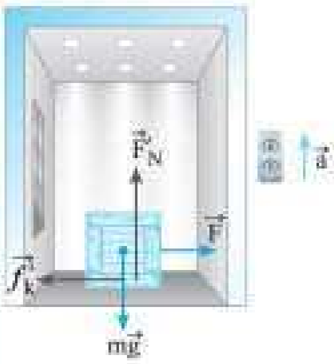
$F > f_{s,max} \xrightarrow{\text{جسم در حرکت است}} f_{۵۰s} = f_k = \mu_k mg$

$= ۰/۲ \times ۴ \times ۱۰ = ۸N$

گام چهارم در نهایت $\frac{f_{۵۰s}}{f_{۱۰s}}$ را محاسبه می‌کنیم:

$\frac{f_{۵۰s}}{f_{۱۰s}} = \frac{۸}{۴} = ۲$

۷۷۸. (گزینه ۱) آسانسور به سمت بالا شروع به حرکت می‌کند، بنابراین جهت شتاب به سمت بالاست و با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای قائم داریم:



$F_{net}=ma$

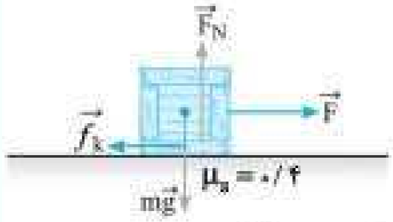
$F_N-mg=ma\Rightarrow F_N=m(g+a)$

$\xrightarrow{f_k=\mu_k F_N} f_k=\mu_k m(g+a)$

بنابراین با توجه به ثابت بودن سرعت جسم داریم:

$F=\mu_k m(g+a)\Rightarrow F>\mu_k mg$

۷۷۹. (گزینه ۲)



گام اول ابتدا باید $f_{s,max}$ را محاسبه کنیم و به این سؤال پاسخ دهیم که آیا جسم حرکت می‌کند؟

$f_{s,max}=\mu_s F_N\xrightarrow[\mu_s=0/4]{F_N=mg=5\times10=50N} f_{s,max}=50\times\frac{4}{10}=20N$

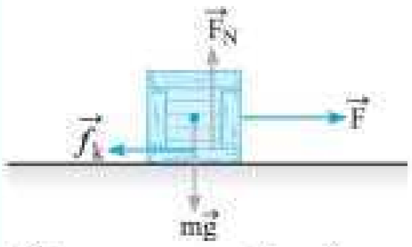
گام دوم بنابراین به‌ازای نیروی بیشتر از $20N$، جسم شروع به حرکت می‌کند. چون F متغیر با زمان است و رفته‌رفته افزایش می‌یابد، شتاب نیز متغیر خواهد بود. حال با استفاده از رابطهٔ $F_{net}=ma$ داریم:

$F_{net}=ma\xrightarrow{\text{در راستای افقی}} F-f_k=ma\Rightarrow F=f_k+ma$

$\xrightarrow[m=5kg]{f_k=\mu_k F_N=0/4\times50=20N} F=5a+20$

بنابراین نمودار F برحسب a خطی خواهد بود.

۷۸۰. (گزینه ۳)



گام اول چون جسم شروع به حرکت کرده است، در راستای افقی با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

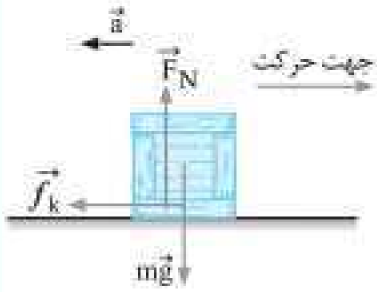
$$\begin{cases}F_{net,x}=ma\Rightarrow F-f_k=ma & \ast\\ f_k=\mu_k F_N\xrightarrow[F_N=mg]{\text{در راستای قائم}} f_k=0/4\times3\times10=12N\end{cases}$$

$\xrightarrow[\ast,\ m=3kg]{F=66N,\ f_k=12N} 66-12=3a\Rightarrow a=18m/s^2$

گام دوم حال با استفاده از رابطهٔ داده‌شده در صورت سؤال داریم:

$a=2t^2\xrightarrow{a=18m/s^2} 18=2t^2\Rightarrow t=3s$

۷۸۱. (گزینه ۲)



گام اول دقت کنید هنگامی که جسم را روی سطحی پرتاب می‌کنیم، بعد از پرتاب، نیروی دست ما بر جسم حذف می‌شود و فقط نیروی اصطکاک در خلاف جهت حرکت بر جسم وارد می‌شود. از این رو حرکت جسم کندشونده خواهد بود. ابتدا با توجه به متوازن بودن نیروها در راستای قائم، F_N را حساب می‌کنیم:

$F_N=mg$ $\ast$

گام دوم با توجه به نیروهای وارد بر جسم که در شکل نشان داده شده است، از قانون دوم نیوتون برای راستای حرکت استفاده می‌کنیم: (جهت مثبت را سمت چپ یعنی در جهت شتاب می‌گیریم)

$F_{net,x}=ma\Rightarrow f_k=ma\xrightarrow[\ast]{f_k=\mu_k F_N}\mu_k \cancel{m}g=\cancel{m}a\Rightarrow a=\mu_k g$

گام سوم از رابطهٔ زمان توقف استفاده می‌کنیم:

$t_s=\frac{-v_0}{a}\xrightarrow[v_0=-20m/s,\ \mu_k=0/25]{a=\mu_k g,\ g=10m/s^2} t_s=\frac{-(-20)}{0/25\times10}=8s$

۷۸۲. (گزینه ۱)

گام اول شتاب توقف اتومبیل برابر $a=\mu_k g$ است:

$a=\mu_k g=0/2\times10=2m/s^2$

گام دوم حال از رابطهٔ مسافت توقف استفاده می‌کنیم:

$d_s=\frac{-v_0^2}{2a}\xrightarrow[a=2m/s^2]{v_0=-54km/h=-15m/s} d_s=\frac{-(-15)^2}{2\times2}=-56/25m$

تذکر: دقت کنید که جهت مثبت را در جهت شتاب فرض کردیم، بنابراین سرعت اولیه در خلاف جهت شتاب توقف است.

۷۸۳. (گزینه ۴) شتاب ترمز از رابطهٔ $a=-g\mu_k$ به‌دست می‌آید:

$$\begin{cases}a_{\text{کامیون}}=-10\times0/5=-5m/s^2\\ a_{\text{اتومبیل}}=-10\times0/4=-4m/s^2\end{cases}$$

حال با استفاده از رابطهٔ مسافت ترمز، یعنی $d_s=\frac{-v_0^2}{2a}$ داریم:

$$(72km/h\div3/6=20m/s)\begin{cases}d_{s_{\text{کامیون}}}=\frac{-20^2}{2(-5)}=40m\\ d_{s_{\text{اتومبیل}}}=\frac{-20^2}{2(-4)}=50m\end{cases}$$

بنابراین اتومبیل $50-40=10m$ بیشتر طی کرده تا متوقف شود. با احتساب $50m$ فاصلهٔ بین دو متحرک، فاصلهٔ نهایی آن‌ها به $60m$ می‌رسد.

۷۸۴. (گزینه ۴)

• **روش اول** **گام اول** با استفاده از رابطهٔ $d_s=\frac{-v_0^2}{2a}$ داریم:

$v_0=36km/h=10m/s$

$d_s=\frac{-v_0^2}{2a}\Rightarrow 4=\frac{-(10)^2}{2a}\Rightarrow a=-12/5m/s^2$

گام دوم حال با توجه به این‌که بر اتومبیل، در حالت ترمز تنها نیروی f_k اثر می‌کند، با استفاده از قانون دوم نیوتون داریم:

$F_{net,x}=ma\Rightarrow -f_k=ma\Rightarrow -f_k=2000\times(-12/5)\Rightarrow f_k=25000N$

• **روش دوم** **گام اول** تنها نیروی مؤثر بر ذره نیروی اصطکاک است، بنابراین با استفاده از قضیهٔ کار و انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$W_T=\Delta K=\frac{1}{2}m(v^2-v_0^2)$

$\xrightarrow[v_0=10m/s,\ v=0]{W_T=W_{f_k}} W_{f_k}=\frac{1}{2}\times2000\times(0-100)=-100000J$

گام دوم از طرفی می‌دانیم $W_{f_k}=-f_k d$ است و داریم:

$W_{f_k}=-f_k\times d\Rightarrow -100000=-f_k\times4\Rightarrow f_k=25000N$

۷۸۵. (گزینه ۴)

گام اول با توجه به رابطهٔ مسافت توقف و شتاب ترمز داریم:

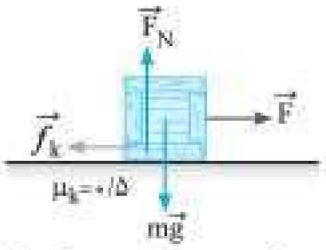
$d_s=\frac{-v_0^2}{2a}\xrightarrow{a=\mu_k g} d_s=\frac{-v_0^2}{2\mu_k g}$

گام دوم حال با استفاده از یک رابطهٔ مقایسه‌ای می‌توان نوشت:

$\frac{d_{s_A}}{d_{s_B}}=\left(\frac{v_{0A}}{v_{0B}}\right)^2\times\frac{\mu_{k_B}}{\mu_{k_A}}=1\times\frac{\mu_{k_B}}{2\mu_{k_B}}=\frac{1}{2}$

تذکر: همان‌طور که در درسنامه ذکر کردیم، جرم جسم در مقدار مسافت توقف و زمان توقف اثری ندارد.

۷۸۶. گزینه ۴



گام اول حرکت جعبه دو مرحله دارد: ۱ ابتدا تندشونده که شخص در حال کشیدن آن است ۲ سپس کند شونده پس از این‌که طناب پاره شده است.

در مرحلهٔ اول نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و شتاب حرکت را به دست می‌آوریم: (می‌دانیم که $F_N = mg$ و $f_k = \mu_k F_N$ است.)

$F_{net}=ma \Rightarrow F-f_k=ma \Rightarrow F-\mu_k mg=ma$

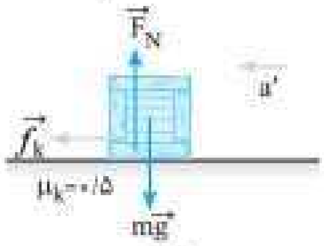
$\Rightarrow 550-0/5\times100\times10=100a \Rightarrow a=0/5\,m/s^2$

گام دوم حال سرعت جسم پس از ۴s (لحظهٔ پاره شدن طناب) را محاسبه می‌کنیم:

$v=at+v_0 \Rightarrow v=0/5\times4+0=2\,m/s$

در این‌جا با استفاده از رابطهٔ $\Delta x=\frac{1}{2}at^2+v_0t$، جابه‌جایی جسم در مدت ۴s را محاسبه می‌کنیم:

$\Delta x=\frac{1}{2}at^2+v_0t \xrightarrow{v_0=0\,m/s} \Delta x=\frac{1}{2}\times0/5\times4^2=4m$



گام سوم پس از پاره شدن طناب، حرکت جسم تحت‌تأثیر نیروی اصطکاک کند شده و جسم متوقف می‌شود. شتاب آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$F_{net}=ma$

$\Rightarrow f_k=ma' \Rightarrow \mu_k mg=ma' \Rightarrow a'=\mu_k g=0/5\times10=5\,m/s^2$

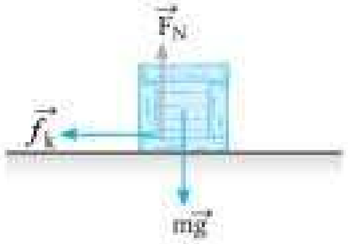
گام چهارم مسافت توقف جسم را با استفاده از رابطهٔ $\Delta x_s=\frac{v_0^2}{2a}$ محاسبه می‌کنیم:

$\Delta x_s=\frac{v_0^2}{2a} \Rightarrow \Delta x'=\frac{2^2}{2\times5}=0/4m$

گام پنجم در نهایت مسافت کل را محاسبه می‌کنیم:

$\Delta x_{کل}=\Delta x+\Delta x'=4+0/4=4/4m$

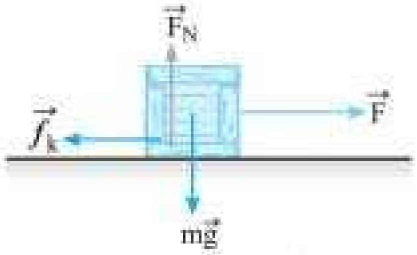
۷۸۷. گزینه ۳



گام اول پس از قطع نیروی F در بازهٔ ۵s تا ۷s شیب نمودار برابر شتاب توقف است و طبق قانون دوم نیوتون، نیروی اصطکاک برابر است با:

$F_{net,x}=ma \Rightarrow -f_k=ma \Rightarrow f_k=-3(\frac{0-10}{7-5})=15N$

گام دوم در مرحلهٔ اول حرکت، با وجود نیروی F، مطابق شکل داریم:



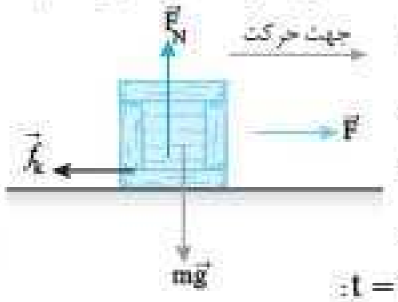
راستای افق: $F_{net}=ma$

$\Rightarrow F-f_k=ma'$

$\xrightarrow[m=3kg,\ f_k=15N]{a'=\frac{10}{5}=2m/s^2\ \text{شیب نمودار از ۰s تا ۵s}} F-15=3\times2 \Rightarrow F=21N$

۷۸۸. گزینه ۴ حرکت مکعب در دو مرحله انجام می‌شود. در هر مرحله جابه‌جایی را محاسبه می‌کنیم تا جابه‌جایی کل به‌دست آید.

گام اول با توجه به قانون دوم نیوتون، شتاب حرکت را محاسبه می‌کنیم:



$F_{net,y}=0 \Rightarrow F_N=mg=50N$

$f_k=\mu_k F_N=0/2\times50 \Rightarrow f_k=10N$

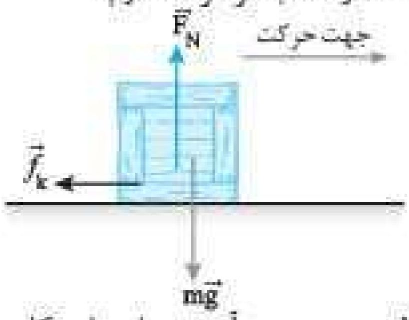
$F_{net,x}=ma_1 \Rightarrow F-f_k=ma_1$

$\Rightarrow 15-10=5a_1 \Rightarrow a_1=1\,m/s^2$

گام دوم محاسبهٔ جابه‌جایی تا لحظهٔ $t=2s$:

$\Delta x_1=\frac{1}{2}a_1t^2+v_0t \Rightarrow \Delta x_1=\frac{1}{2}\times1\times2^2=2m$

گام سوم محاسبهٔ سرعت در لحظهٔ $t=2s$ و شتاب در مرحلهٔ دوم:



$v_1=a_1t_1+v_0$

$\Rightarrow v_1=1\times2 \Rightarrow v_1=2\,m/s$

$F_{net,x}=ma_2 \Rightarrow 0-f_k$

$=ma_2 \Rightarrow a_2=-2\,m/s^2$

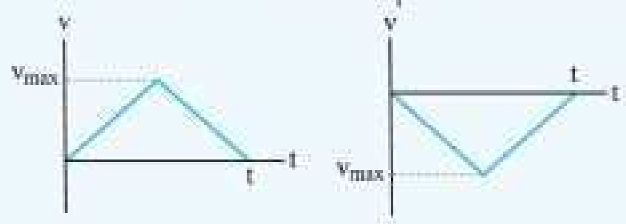
گام چهارم محاسبهٔ جابه‌جایی در مرحلهٔ دوم و به‌دست آوردن جابه‌جایی کل:

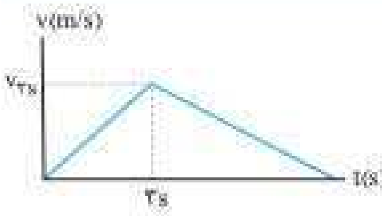
$v_2^2-v_1^2=2a\Delta x_2 \Rightarrow 0-4=2(-2)\Delta x_2 \Rightarrow \Delta x_2=1m$

$\Delta x_{کل}=\Delta x_1+\Delta x_2=3m$

۷۸۹. گزینه ۲

یادآوری: اگر نمودار سرعت ـ زمان متحرکی در یک بازهٔ زمانی دلخواه t ثانیه‌ای، مثلثی مطابق شکل‌های زیر باشد، سرعت متوسط متحرک در این بازهٔ زمانی از رابطهٔ $v_{av}=\frac{v_{max}}{2}$ به‌دست می‌آید.





گام اول جسم ابتدا از حالت سکون شروع به حرکت کرده است (حرکت تندشونده) و در ادامه پس از ۳s با قطع نیروی F حرکتی کندشونده داشته و در نهایت متوقف شده است.

بنابراین نمودار $v-t$ حرکت مطابق شکل است.

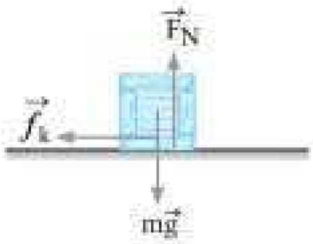
گام دوم با استفاده از رابطهٔ سرعت ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت ($v=at+v_0$) داریم:

$v=at+\cancel{v_0} \Rightarrow v_{3s}=4\times3=12\,m/s$

گام سوم با توجه به یادآوری داریم:

$v_{av}=\frac{v_{max}}{2} \xrightarrow{v_{max}=v_{3s}} v_{av}=\frac{12}{2}=6\,m/s$

۷۹۰. گزینه ۳

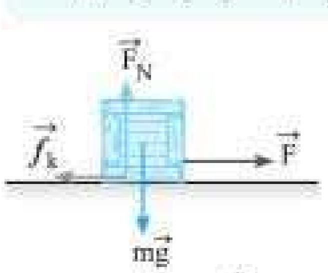


بررسی همهٔ گزینه‌ها گزینهٔ «۱»: درست؛ وقتی نیروی F قطع می‌شود، شتاب جسم $a=-\mu_k g$ خواهد شد؛ بنابراین داریم:

$\xrightarrow[g=10m/s^2]{a_2=-2m/s^2\ \text{: نمودار}} -2=-10\times\mu_k$

$\Rightarrow \mu_k=0/2 \Rightarrow \mu=0/2$

تذکر: با توجه به نمودار، جهت حرکت را مثبت در نظر گرفته‌ایم.



گزینهٔ «۲»: درست؛ در مرحلهٔ اول حرکت که نیروی F وجود دارد، داریم:

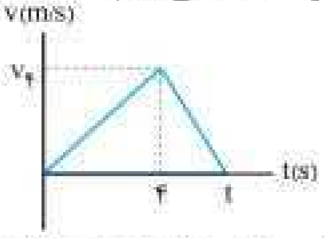
راستای افقی: $F_{net}=ma \Rightarrow F-f_k$

$=ma_1 \xrightarrow{f_k=\mu_k mg} F=\mu_k mg+ma$

$\xrightarrow[g=10m/s^2,\ a_1=1m/s^2]{\mu_k=0/2,\ m=3kg} F=0/2\times3\times10+3\times1=9N$

گزینهٔ «۳»: نادرست؛ با توجه به اینکه جسم شروع به حرکت کرده و بعد از ۴s (با توجه به نمودار شتاب ـ زمان) نیروی F قطع و حرکت آن کندشونده می‌شود، نمودار سرعت ـ زمان مطابق شکل است. ابتدا با استفاده از رابطهٔ $v=a_1t+v_0$

سـرعت متحرک در $t = ۴s$ را حساب کرده و سپس با توجه به اینکه شتاب در مرحلهٔ دوم حرکت، $a_۲ = -۲m/s^۲$ بوده است، t را محاسبه می‌کنیم:



$$v_۴ = a_۱ t + v_۰ = ۱\times۴ = ۴m/s$$

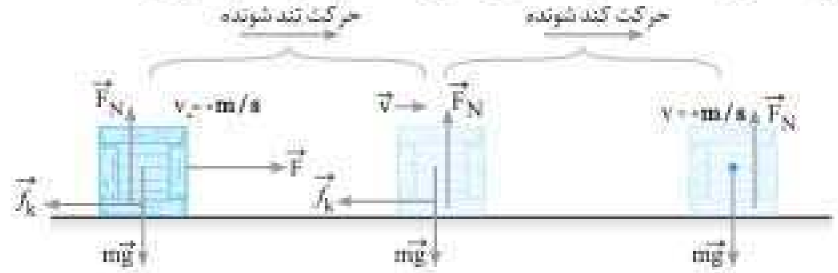
$$a_۲ = \frac{v_t - v_۴}{t-۴} \Rightarrow \frac{۰-۴}{t-۴} = -۲ \Rightarrow t = ۶s$$

حال با اسـتفاده از مساحت محصور بین نمودار سـرعت ـ زمان و محور زمان، جابه‌جایی متحرک در این مدت را حساب می‌کنیم: $\Delta x = \frac{۶\times۴}{۲} = ۱۲m$

گزینهٔ «۴»: درست؛ با استفاده از رابطهٔ $v_{av} = \frac{v_{max}}{۲}$ و یا $v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ داریم:

$$v_{av} = \frac{۴}{۲} = ۲m/s$$

۷۹۱. (گزینه ۲) دقت کنید که در این سؤال، حرکت جسم دو مرحله دارد:
۱ حرکت تندشـونده ۲ حرکت کندشونده. در حرکت تندشونده در راستای حرکت، نیروی F (محرک) و نیروی f_k (مقاوم) بر جسم اثر می‌کنند.



گام اول از رابطهٔ جابه‌جایی ـ زمان، شـتاب جسـم را در مرحلهٔ اول حرکت به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta x = \frac{۱}{۲}at^۲ + v_۰ t \xrightarrow{v_۰ = ۰\,m/s} ۹ = \frac{۱}{۲}a\times۳^۲ + ۰ \Rightarrow a = ۲\,m/s^۲$$

گام دوم از قانون دوم نیوتون برای راستای حرکت جسم استفاده می‌کنیم و نیروی اصطکاک را به‌دست می‌آوریم:

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \xrightarrow[F=۲۰N]{a=۲m/s^۲} ۲۰ - f_k = ۵\times۲ \Rightarrow f_k = ۱۰N$$

گام سوم در مرحلهٔ دوم، حرکت جسـم کندشـونده اسـت و فقط نیروی $f_k = ۱۰N$ در خلاف جهت حرکت، بر جسـم اثر می‌کند. دوباره قانون دوم نیوتون را به‌کار می‌گیریم و شتاب این مرحله را به‌دست می‌آوریم:

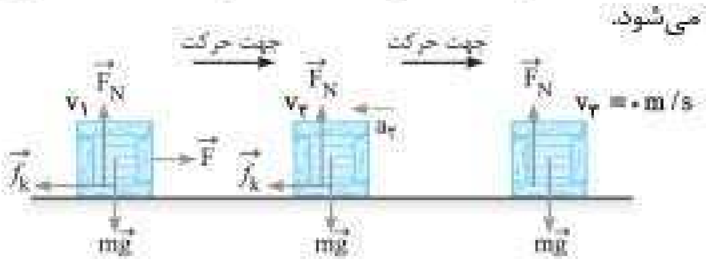
$$-f_k = ma' \Rightarrow -۱۰ = ۵a' \Rightarrow a' = -۲\,m/s^۲$$

۷۹۲. (گزینه ۴)

گام اول حرکت متحرک دو مرحله دارد:

۱ $۰ \le t \le ۵s$: متحرک با اعمال نیروی F با شتاب $a_۱$ در حرکت است.

۲ $۵s \le t \le ۱۳s$: نیروی F قطع شـده و متحرک با شتاب $a_۲$ در طی $۸s$ متوقف می‌شود.



بنابراین ابتدا با تحلیل بخش دوم حرکت f_k را می‌یابیم و سـپس با بررسـی بخش اول حرکت خواستهٔ تست را به‌دست می‌آوریم.

گام دوم با توجه به نمودار، معادلهٔ سـرعت ـ زمان متحـرک را می‌یابیم تا بتوانیم سرعت متحرک در $t = ۵s$ (لحظهٔ قطع نیروی F) را بیابیم.

$$a_۱ = \frac{\Delta v}{\Delta t} \xrightarrow{\text{نمودار}} a_۱ = \frac{۱۵-۷}{۲-۰} = ۴m/s^۲$$

$$\xrightarrow[v_۰=۷m/s]{v=at+v_۰} v = ۴t + ۷ \xrightarrow[t=۵s]{\text{سرعت در لحظهٔ}} v_۵ = ۴(۵) + ۷ = ۲۷m/s$$

حال با استفاده از معادلهٔ سرعت ـ زمان ($v = at + v_۰$) برای بخش دوم حرکت شتاب $a_۲$ را می‌یابیم:

$$v = at + v_۰ \xrightarrow[v_۰=v_۵=۲۷m/s\,,\,t=۸s]{a=a_۲\,,\,v=۰} ۰ = a\times۸ + ۲۷ \Rightarrow a = \frac{-۲۷}{۸}m/s^۲$$

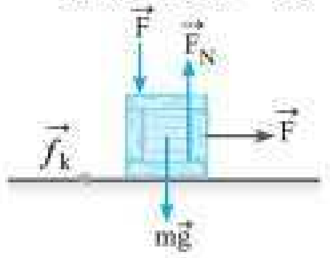
با استفاده از قانون دوم نیوتون برای این بخش داریم:

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow ۰ - f_k = ma_۲ \Rightarrow f_k = -(۰/۸)(-\frac{۲۷}{۸}) = ۲/۷N$$

گام سوم حال کافی است بخش اول حرکت را تحلیل کنیم (دقت کنید که با توجه به معادلهٔ سرعت ـ زمان که از نمودار به‌دست آمده $a_۱ = ۴m/s^۲$ است)

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma_۱ \Rightarrow F = ۰/۸\times۴ + ۲/۷ = ۵/۹N$$

۷۹۳. (گزینه ۴) ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم:



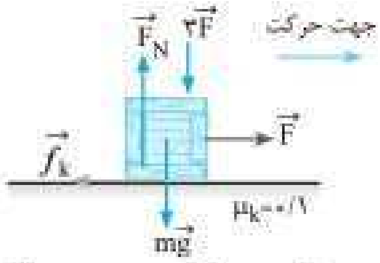
حال با توجه به این‌که جسـم با سرعت ثابت در حال حرکت اسـت، نیروهای وارد بر جسم متوازن‌اند و داریم:

$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = F + mg \quad ✲$$

$$F_{net,x} = ۰ \Rightarrow F = f_k = \mu_k F_N \xrightarrow{✲} F = \mu_k(F + mg)$$

$$\xrightarrow{\mu_k=۰/۱,\,m=۹kg} F = ۰/۱(F + (۹\times۱۰)) \Rightarrow ۰/۹F = ۹ \Rightarrow F = ۱۰N$$

۷۹۴. (گزینه ۱)



گام اول جسم تحت تأثیر نیروهای وارد بر آن در حال حرکت است؛ بنابراین نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم. برای محاسـبهٔ F_N با توجه به ساکن بودن جسم در راستای قائم داریم:

$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = ۳F + mg \quad ①$$

همچنین جسم در راستای افقی با شتاب $۲/۵m/s^۲$ در حال حرکت است:

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F - f_k = ma \Rightarrow F - \mu_k F_N = ma \quad ②$$

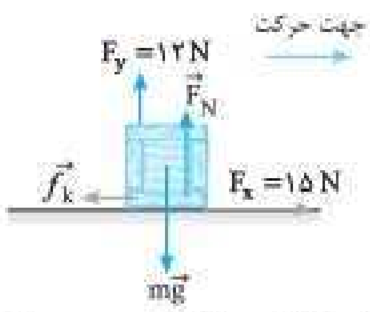
گام دوم با جایگذاری رابطهٔ ۱ در رابطهٔ ۲ داریم:

$$F - \mu_k(۳F + mg) = ma$$

$$\xrightarrow[g=۱۰m/s^۲\,,\,a=۲/۵m/s^۲]{m=۲kg\,,\,\mu_k=۰/۱} F - ۰/۱(۳F + ۲\times۱۰) = ۲\times۲/۵$$

$$\Rightarrow F - ۰/۳F - ۲ = ۵ \Rightarrow ۰/۷F = ۷ \Rightarrow F = ۱۰N$$

۷۹۵. (گزینه ۲)



ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم:

جسـم در راستای قائم سـاکن است و در راستای افقی با شـتاب ثابت $۲m/s^۲$ در حال حرکت است. بنابراین داریم:

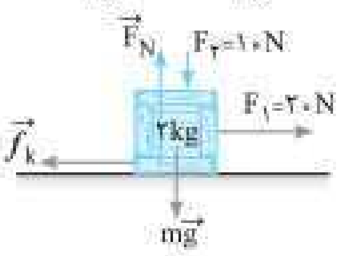
$$F_{net,y} = ۰ \Rightarrow F_N = mg - F_y = ۳\times۱۰ - ۱۲ = ۱۸N$$

$$F_{net,x} = ma \Rightarrow F_x - f_k = ma \Rightarrow F_x - \mu_k F_N = ma$$

$$\xrightarrow[m=۳kg\,,\,a=۲m/s^۲]{F_N=۱۸N\,,\,F_x=۱۵N} ۱۵ - \mu_k\times۱۸ = ۳\times۲$$

$$\Rightarrow ۱۸\mu_k = ۹ \Rightarrow \mu_k = ۰/۵$$

۷۹۶. (گزینه ۴)



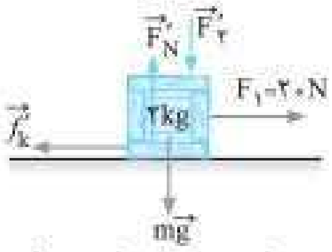
گام اول ابـتدا جسـم بـا تنـدی ثابـت در حـال حرکت اسـت. نیـروی عمودی سـطح را محاسـبه کـرده و شـرط تـوازن نیروهـا در راستای افقی را می‌نویسیم:

$F_{net,y}=۰\Rightarrow F_N=F_۲+mg=۱۰+۲\times۱۰=۳۰N$

$F_{net,x}=۰\Rightarrow F_۱=f_k\Rightarrow f_k=۲۰N\xrightarrow[F_N=۳۰N]{f_k=\mu_kF_N}\mu_k\times۳۰=۲۰$

$\Rightarrow\mu_k=\frac{۲}{۳}$

گام دوم اگر حرکت کندشونده شود، باید $F_۲$ زیاد شود و با افزایش نیروی $F_۲$، F_N و در نتیجه f_k افزایش می‌یابد و تحت این شرایط به‌خاطر بزرگ‌تر شدن نیروی مقاوم در برابر نیروی پیشران، حرکت جسم کندشونده خواهد بود و داریم:



$F'_N=F'_۲+mg=F'_۲+۲۰$ (*)

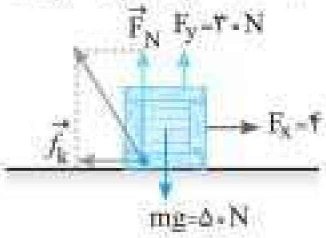
$F_{net,x}=ma\Rightarrow -f'_k+F_۱=ma$

$\xrightarrow[\mu_k=\frac{۲}{۳},\ (*)]{f'_k=\mu_kF'_N}\frac{-۲}{۳}(F'_۲+۲۰)+۲۰=۲\times(-۲)\Rightarrow F'_۲=۱۶N$

گام سوم حال کافی است $\Delta F_۲$ را محاسبه کنیم:

$\Delta F_۲=F'_۲-F_۲=۱۶-۱۰=۶N$

۷۹۷. گزینه ۳ نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم. همان‌طور که مشخص است، سطح بر جسم دو نیرو وارد می‌کند: ۱ F_N و ۲ f_k



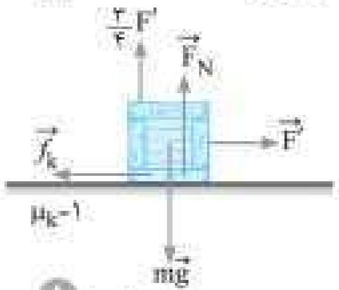
چون جابه‌جایی در راستای افق و F_N عمود بر جابه‌جایی است، زاویهٔ بین F_N و d برابر ۹۰° $(\theta=۹۰^\circ)$ و طبق رابطهٔ $W=F_Nd\cos\theta$ کار این نیرو برابر صفر است. پس کافی است کار نیروی اصطکاک جنبشی (f_k) را حساب کنیم:

$f_k=\mu_kF_N\xrightarrow[\text{جسم در راستای قائم ساکن است}]{F_N=mg-F_y}f_k=\mu_k(mg-F_y)$

$\Rightarrow f_k=۰/۵(۵۰-۳۰)=۱۰N$

$W_{f_k}=f_kd\cos\theta_{(f_k,d)}=۱۰\times۵\times\cos(۱۸۰^\circ)=-۵۰J$

۷۹۸. گزینه ۴ **گام اول** با توجه به شکل، در حالت اول در راستای حرکت و راستای عمود بر حرکت داریم:



۱ $F_{net,y}=۰\Rightarrow F_N=mg-\frac{۳}{۴}F'$

$F_{net,x}=ma\Rightarrow F'-f_k=ma$

۲ $\xrightarrow{۱}F'-\mu_kF_N=maF'-\mu_k(mg-\frac{۳}{۴}F')=ma$

$\xrightarrow[a=۰/۵m/s^۲]{\mu_k=۱,\ m=۲kg}F'-۱\times(۲\times۱۰-\frac{۳}{۴}F')=۲\times۰/۵\Rightarrow\frac{۷}{۴}F'=۲۱$

$\Rightarrow F'=۱۲N\Rightarrow\vec{F}_۱=۱۲\vec{i}+\frac{۳}{۴}(۱۲)\vec{j}=۱۲\vec{i}+۹\vec{j}(N)$

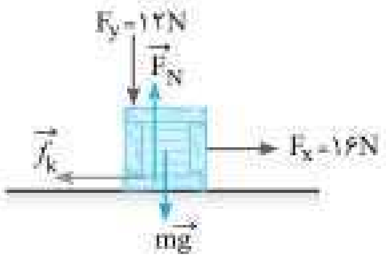
گام دوم در حالت دوم نیروی F دو برابر شده است. بنابراین $\vec{F}_۲=۲\vec{F}_۱=۲۴\vec{i}+۱۸\vec{j}$ خواهد بود. با استفاده از رابطهٔ ۲ در حالت دوم داریم: $(F'=۲۴N)$

$۲۴-۱\times(۲\times۱۰-۱۸)=۲a_۲\Rightarrow a_۲=۱۱m/s^۲$

گام سوم حال نسبت $\frac{a_۲}{a_۱}$ را محاسبه می‌کنیم: $\frac{a_۲}{a_۱}=\frac{۱۱}{۰/۵}=۲۲$

۷۹۹. گزینه ۳

گام اول نیروی F شامل دو مؤلفهٔ عمود بر سطح $F_y=۱۲N$ (به طرف پایین) و موازی با سطح $F_x=۱۶N$ (به طرف راست) است که بر جسم اثر می‌کنند.



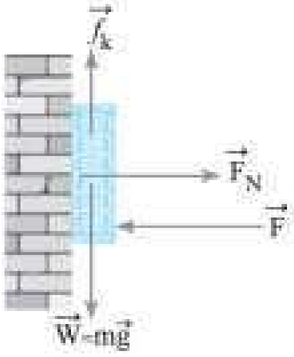
گام دوم چون حرکت جسم با سرعت ثابت است، برایند نیروهای وارد بر آن صفر است و می‌توان نوشت:

$F_{net,y}=۰\Rightarrow F_N=mg+F_y=۳/۶\times۱۰+۱۲=۴۸N$

$F_{net,x}=۰\Rightarrow F_x=f_k\xrightarrow[F_x=۱۶N]{f_k=\mu_kF_N,\ F_N=۴۸N}$

$۱۶=\mu_k\times۴۸\Rightarrow\mu_k=\frac{۱۶}{۴۸}=\frac{۱}{۳}$

۸۰۰. گزینه ۲ نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم.



(*) (سکون): $F_{net,x}=۰\Rightarrow F_N=F$

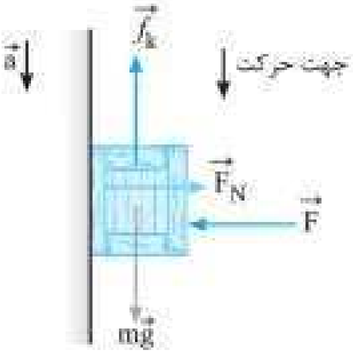
(حرکت با سرعت ثابت) $F_{net,y}=۰\Rightarrow f_k=mg$

$\xrightarrow[(*)]{f_k=\mu_kF_N}\mu_k.F=mg$

$\xrightarrow[g=۱۰N/kg]{\mu_k=۰/۲,\ m=۲kg}۰/۲\times F=۲\times۱۰$

$\Rightarrow F=۱۰۰N$

۸۰۱. گزینه ۴



گام اول چون جسم به طرف پایین شروع به حرکت می‌کند، نیروی f_k به طرف بالا و شتاب جسم رو به پایین است.

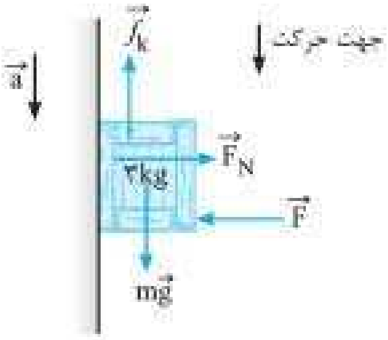
گام دوم ابتدا F_N را محاسبه کرده و سپس قانون دوم نیوتون را در راستای موازی حرکت می‌نویسیم:

$F_{net,x}=۰\Rightarrow F_N=F$ (*)

$F_{net,y}=ma\Rightarrow mg-f_k=ma\xrightarrow[\mu_k=۰/۲,\ (*)]{f_k=\mu_kF_N,\ m=۵kg}$

$۵\times۱۰-۰/۲\times F=۵\times۲\Rightarrow۰/۲F=۴۰\Rightarrow F=۲۰۰N$

۸۰۲. گزینه ۳



گام اول جسم با شتاب رو به پایین $۵m/s^۲$ به سمت پایین در حال حرکت است. نیروهای وارد بر جسم را رسم می‌کنیم و با استفاده از قانون دوم نیوتون، نیروی F را در این حالت محاسبه می‌کنیم:

$F_{net,x}=۰\Rightarrow F_N=F$ (*)

$F_{net,y}=ma\Rightarrow mg-f_k=ma\xrightarrow{f_k=\mu_kF_N}mg-\mu_kF_N=ma$

$\xrightarrow[\mu_k=۰/۵,\ a=۵m/s^۲,\ (*)]{m=۳kg,\ g=۱۰m/s^۲}۳\times۱۰-۰/۵F=۳\times۵\Rightarrow F=۳۰N$

گام دوم در حالت دوم، برای اینکه حرکت جسم در راستای قائم یکنواخت باشد، باید نیروهای وارد بر جسم در این راستا متوازن باشند، یعنی برایند نیروهای وارد بر جسم در راستای قائم صفر باشد.

$F_{net,y}=۰\Rightarrow mg-f'_k=۰\Rightarrow mg-\mu_kF'_N=۰$

$\xrightarrow[\mu_k=۰/۵]{m=۳kg,\ g=۱۰m/s^۲}۳\times۱۰-۰/۵\times F'_N=۰$

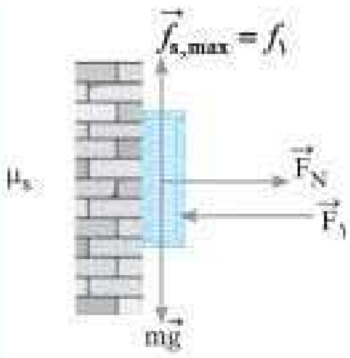
$F'_N=۶۰N\xrightarrow{(*)}F'=۶۰N$

گام سوم در نهایت تغییرات F را حساب می‌کنیم:

$\Delta F=F'-F=۶۰-۳۰=۳۰N$

بنابراین نیروی افقی F باید ۳۰N افزایش یابد.

۸۰۳. گزینه ۳

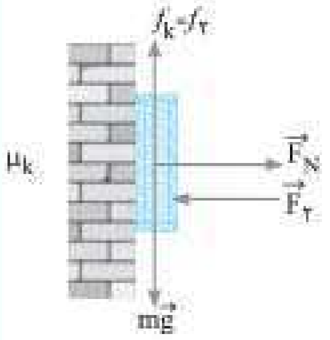


گام اول در حالتی که جسم در آستانهٔ حرکت است، در راستای موازی سطح (راستای قائم) و راستای عمود بر سطح (افقی) برایند نیروهای وارد بر جسم صفر است.

$F_{net,x}=0 \Rightarrow F_N = F_1$ (*)

$F_{net,y}=0\Rightarrow f_1 = mg \xrightarrow[f_{s,max}=\mu_s F_N]{f_1=f_{s,max}} \mu_s F_N = mg$

$\xrightarrow{*} \mu_s F_1 = mg \Rightarrow F_1 = \frac{mg}{\mu_s}$ (1)



گام دوم در حالتی که جسم با سرعت ثابت پایین می‌رود، باز هم برایند نیروهای وارد بر جسم در هر دو راستای موازی حرکت و عمود بر حرکت صفر است، اما این بار اصطکاک از نوع جنبشی است:

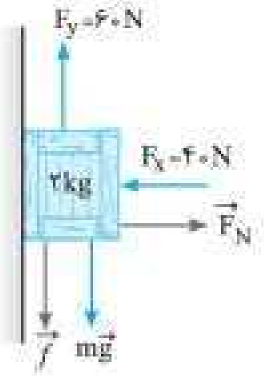
$F_{net,x}=0 \Rightarrow F_N = F_2$ (**)

$F_{net,y}=0\Rightarrow f_2=f_k=mg \xrightarrow[**]{f_k=\mu_k F_N} \mu_k F_2 = mg \Rightarrow F_2=\frac{mg}{\mu_k}$ (2)

گام سوم چون $f_1=f_2=mg$ است، بنابراین تا اینجا گزینه‌های «۱» و «۲» غلط هستند. با توجه به رابطه‌های (1) و (2) داریم:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{\frac{mg}{\mu_k}}{\frac{mg}{\mu_s}} = \frac{\mu_s}{\mu_k} \xrightarrow{\mu_s>\mu_k \Rightarrow \frac{\mu_s}{\mu_k}>1} \frac{F_2}{F_1}>1 \Rightarrow F_2 > F_1$$

۸۰۴. گزینه ۳



گام اول ابتدا نیروهای وارد بر جسم را مطابق شکل رسم می‌کنیم. با توجه به اینکه $F_y > mg$ است، اگر اصطکاک وجود نداشته باشد، جسم به سمت بالا حرکت می‌کند. حال کافی است تعیین کنیم که جسم حرکت می‌کند یا خیر؟

$f_{s,max}=\mu_s F_N \xrightarrow[F_N=40N]{\mu_s=0/6}$

$f_{s,max}=0/6\times 40=24N$

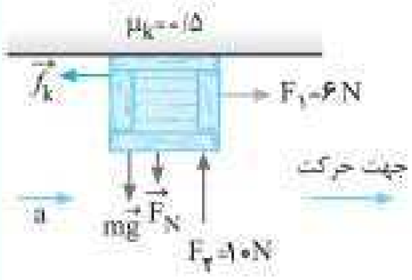
بنابراین چون $F_y - mg > f_{s,max}$ جسم به سمت بالا حرکت خواهد کرد و در این حالت نیروی اصطکاک، جنبشی خواهد بود.

گام دوم با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای قائم داریم:

$F_{net,y}=ma \Rightarrow F_y-(mg)-f_k = ma \xrightarrow{f_k=\mu_k F_N}$

$60-2\times10-(0/3\times40)=2a \Rightarrow 60-20-12=2a\Rightarrow a=14m/s^2$

۸۰۵. گزینه ۲



گام اول ابتدا مطابق شکل نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده و F_N را محاسبه می‌کنیم:

جسم در راستای قائم ساکن است:

$F_{net,y}=0\Rightarrow F_N = F_2 - mg$

$=10-0/5\times10=5N$

گام دوم حال با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای افقی، شتاب حرکت جسم را محاسبه می‌کنیم:

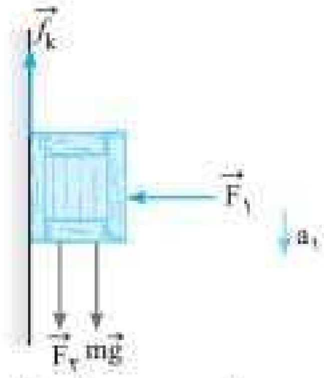
$F_{net,x}=ma\Rightarrow F_1 - f_k = ma \xrightarrow[\mu_k=0/5,\ F_N=5N]{f_k=\mu_k F_N} 6-0/5\times5=0/5a$

$\Rightarrow a=7m/s^2$

گام سوم در نهایت با استفاده از رابطهٔ جابه‌جایی ـ زمان در حرکت با شتاب ثابت، جابه‌جایی متحرک در مدت 1s اول حرکت را محاسبه می‌کنیم:

$\Delta x = \frac{1}{2}at^2+v_0t \xrightarrow[\text{سکون } v_0=0m/s]{a=7m/s^2} \Delta x = \frac{1}{2}\times7\times1^2+0\times1=3/5m$

۸۰۶. گزینه ۳



گام اول در مرحلهٔ اول حرکت جسم به سمت پایین و تندشونده است (جهت شتاب به سمت پایین است). با استفاده از معادلهٔ مستقل از زمان، شتاب حرکت در این مرحله را محاسبه می‌کنیم:

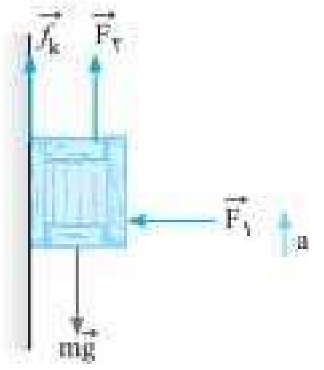
$v^2 - v_0^2 = 2a_1\Delta x \Rightarrow$

$2^2-0^2=2a_1\times0/4\Rightarrow a_1=5m/s^2$

با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای قائم داریم:

$F_{net,y}=ma\Rightarrow mg+F_2-f_k=ma_1$

$\Rightarrow F_2-f_k=(0/2\times5)-(0/2\times10)\Rightarrow F_2-f_k=-1N$ (1)



گام دوم در مرحلهٔ دوم با برعکس شدن جهت F_2، حرکت کندشونده می‌شود و جسم در نهایت متوقف شود. (جهت شتاب رو به بالاست.)

$v^2-v_0^2=2a_2\Delta x$

$\Rightarrow v_2^2-2^2=2a_2\times1\Rightarrow a_2=-2m/s^2$

$F_{net,y}=ma\Rightarrow F_2+f_k-mg=ma_2$

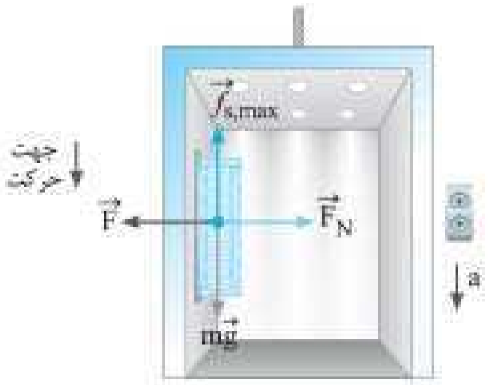
$\Rightarrow F_2+f_k-0/2\times10=0/2\times2$

$\Rightarrow F_2+f_k=2/4N$ (2)

گام سوم حال کافی است دستگاه متشکل از معادلات (1) و (2) را حل کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} F_2-f_k=-1 \\ F_2+f_k=2/4 \end{array}\right\} \Rightarrow 2F_2=1/4\Rightarrow F_2=0/7N$$

۸۰۷. گزینه ۳



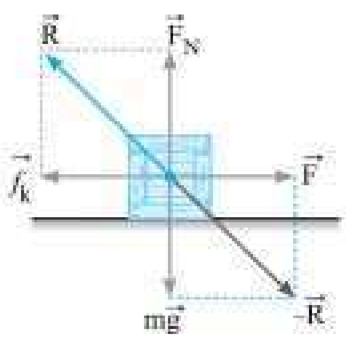
گام اول نیروهای وارد بر جسم در راستای افقی و راستای قائم را در شکل رسم کرده‌ایم و در راستای افقی $F=F_N$ است.

گام دوم چون آسانسور با شتاب $2m/s^2$ تندشونده پایین می‌رود، جهت شتاب آسانسور نیز رو به پایین است. بنابراین با استفاده از قانون دوم نیوتون در راستای حرکت داریم:

$F_{net,y}=ma\Rightarrow mg-f_{s,max}=ma\Rightarrow f_{s,max}=m(g-a)$

$\xrightarrow[a=2m/s^2,\ F_N=F,\ m=4kg]{\mu_s=0/4,\ f_{s,max}=\mu_s F_N,\ g=10N/kg} 0/4\times F=4(10-2)\Rightarrow F=80N$

۸۰۸. گزینه ۳ مطابق شکل، نیروهای وارد بر جسم را رسم کرده‌ایم.



می‌دانیم که برایند دو نیروی $\vec F_N$ و $\vec f_k$ را نیروی سطح وارد بر جسم (نیروی تکیه‌گاه) می‌گویند و آن را با $\vec R$ نشان می‌دهند. بنابراین واکنش این نیرو، طبق قانون سوم نیوتون از طرف جسم بر سطح وارد می‌شود که هم‌اندازه با $\vec R$ و در خلاف جهت آن است. (آن را در شکل با $-\vec R$ نمایش داده‌ایم.)